



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR  
MATERIAL PARTICULADO E DA POLUIÇÃO SONORA EM  
CANTEIROS DE OBRAS**

**LUCAS PAIXÃO VIEIRA**

São Cristóvão (SE)

2019

LUCAS PAIXÃO VIEIRA

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR  
MATERIAL PARTICULADO E DA POLUIÇÃO SONORA EM  
CANTEIROS DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Ambiental da Universidade  
Federal de Sergipe como requisito parcial  
para a obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental e Sanitária.

ORIENTADOR: Prof. Dr. André Luís Dantas Ramos

São Cristóvão (SE)

2019

LUCAS PAIXÃO VIEIRA

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR  
MATERIAL PARTICULADO E POLUIÇÃO SONORA EM CANTEIROS  
DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) submetido e aprovado pela banca examinadora e pelo Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) em 26 de março de 2019 como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

---

---

*A Deus pela criação, pelo amor que me sustenta e pelo dom do entendimento.*

*Aos meus pais que sempre incentivaram o melhor de mim, pelo amor, cuidado e suporte incondicional.*

*Aos estudantes, professores e profissionais da área ambiental pelo desenvolvimento da ciência por um mundo sustentável.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me concebido o dom da vida, saúde e determinação para seguir minha caminhada e cumprir minha missão. Aos meus pais pelo amor incondicional, por terem abdicado de tudo que pudesse vir a interferir na boa qualidade dos meus estudos e pela educação investida a mim: pautada nos valores da honestidade, humildade, união e do amor ao próximo. Aos meus irmãos Felipe e Victor por serem minhas maiores referências e estarem ao meu lado sempre que é preciso. Às minhas queridas avós, aos meus tios e tias, aos meus primos e primas que sempre se mantiveram na torcida do meu sucesso. À Cintia, minha amada namorada e melhor amiga, por sempre apoiar minhas decisões, por puxar minha orelha quando se fez necessário, por me dar força para alcançar os meus sonhos e servir seu colo nos momentos difíceis. Aos meus amigos-irmãos: Nuala, Iago e Sérgio que desde sempre torcem pelo meu sucesso, pelas diversas conversas, risadas e reflexões no quiosque e por tornarem meus dias mais felizes. Aos amigos que a UFS me deu, minha querida Guild: Arthur, Deisi, Aelson, Garrido, Núbia, Aline, Abílio e Felipe por terem me acompanhado nessa jornada me tornando mais forte para vencer os desafios, por fazer com que as horas de estudos fossem mais leves e as provas mais tranquilas e por terem me estendido um ombro amigo quando a situação apertava. Aos meus colegas de curso, em especial a Denilma, Jéssica e aos DEAMÔNIOS que não deixaram faltar diversão. Aos meus queridos mestres que puderam transmitir a mim seus conhecimentos de modo a me preparar, não só tecnicamente, como também eticamente para o mercado de trabalho, em especial à Inaura, Jailton, Paulo e Daniella vocês são fontes de inspiração para todos nós! Agradeço também aqueles que fizeram deste trabalho possível: o meu orientador André Ramos pela atenção e sabedoria transmitida, a minha coorientadora Tereza Raquel e o Professor Silvânio Silvério pelas horas de orientações e pelos materiais fornecidos e o Eng. Civil Fernando Albuquerque pela disponibilização da área de estudo. À AIESEC por me abrirem os olhos para a importância do indivíduo enquanto cidadão do mundo. A todos da Easy Jr por me fazerem crescer enquanto pessoa e profissional, em especial a minha querida diretoria: vocês são sensacionais! E por fim, mas não menos importante, ao pessoal da Planeta Limpo (Dona Noemi, Andrea, Clarissa, Djeane, Emanuel, Marcelo, Micaelle, Thiago e Ricardo) pelas relações de respeito, pelos primeiros contatos com o mercado de trabalho e pelas oportunidades oferecidas, meu muitíssimo obrigado!

## RESUMO

A indústria da construção civil é considerada como um pilar para a economia do Brasil, como também do Estado de Sergipe. Por outro lado, esse setor é responsável pelo uso de 75% de todos os recursos naturais que são extraídos da natureza cujo produto gera, dentre outras consequências, áreas degradadas, resíduos sólidos, material particulado e ruído. Esses dois últimos aspectos se destacam, por exemplo, pelos números apresentados pela OMS: 90% da população mundial respiram ar poluído, enquanto que 10% estão expostas a níveis de pressão sonora que podem causar, principalmente, perda auditiva induzida por ruído. Portanto, este trabalho buscou avaliar a poluição atmosférica por material particulado e a poluição sonora em canteiros de obras de modo a apontar as principais fontes geradoras e os principais danos causados à saúde humana e ao meio ambiente visando contribuir para a elaboração de planos de controle e monitoramento de material particulado e de ruído, e para o aprimoramento de processos de licenciamento ambiental para empreendimentos que envolvem obras civis. Para tanto, foi utilizado o equipamento *handi-vol* para obter as concentrações de partículas totais suspensas no ar em um período de medição de sete dias (24 horas por dia) e um dosímetro para obtenção da dose de ruído que um operário recebe numa obra durante uma jornada de trabalho (8 horas). A área de estudo foi uma obra do tipo residencial que está localizada em um condomínio de alto padrão nas proximidades da praia em Aracaju. As medições com o *handi-vol* mostraram que em um dos dias o padrão de emissão estabelecido pela resolução CONAMA 491/18 foi ultrapassado e que, na maioria dos dias do período de amostragem, o resultado da concentração foi maior que 50% do padrão final de emissão. Quanto ao ruído, foi verificado que o operário estava em condições insalubres por receber uma dose de ruído igual a 103,7%, ou seja, uma Leq de 88,2 dB(A). Com a obtenção dos resultados, atrelado a uma matriz de impactos ambientais, foi possível avaliar os principais efeitos à saúde humana e ao meio ambiente, além de indicar as fontes de poluição mais significativas, contribuindo para a elaboração de planos de controle e monitoramento de materiais particulado e de ruído e para processos de licenciamento ambiental em obras civis.

**Palavras-chave:** Poluição do Ar, Material Particulado, Ruído, Indústria da Construção.

## **ABSTRACT**

The construction industry is considered as a pillar for the Brazilian economy, as well as for the State of Sergipe. On the other hand, this sector is responsible for 75% of all the natural resources that are extracted from nature whose product generates, among other things, degraded areas, solid waste, particulate matter and noise. The latter two aspects stand out, for example, of WHO numbers: 90% of the world's population breathes polluted air, while 10% are exposed to noise pressure levels that can, mainly, cause noise-induced hearing loss. Therefore, this work aimed to evaluate air pollution by particulate matter and noise pollution in construction sites in order to point out the main sources of energy and the main damages caused to human health and the environment in order to contribute to the elaboration projects of control and monitoring of particulate matter and noise, and for the improvement of environmental licensing processes for processes involving civil works. For this, the equipment handi-vol was used to obtain the total particulate concentrations suspended in the air in a seven-day (24-hour) measurement period and a dosimeter to obtain the dose of noise that a worker receives in a working day (8 hours). The study area, is a residential-type building that is located in a high standard condominium near the beach in the Sergipe capital, Aracaju. The Handi-vol measurements showed that on one of the days the emission standard established by CONAMA resolution 491/18 was exceeded and that, on most days of the sampling period, the result of the concentration was greater than 50% of the final standard of emission. As for noise, it was verified that the worker was in unhealthy conditions to receive a dose of noise equal to 103,7%, that is, a Leq of 88,2 dB (A). With the results obtained, linked to a matrix of environmental impacts, it was possible to evaluate the main effects on human health and the environment, besides indicating the most significant sources of pollution, corroborating for the elaboration of control plans and monitoring of particulate matter and noise and environmental licensing processes in civil works.

**Key words:** Air Pollution, Particulate Matter, Noise, Construction Industry

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Impactos ambientais da cadeia da construção civil.....	17
<b>Figura 2</b> – Manuseio de serra de corte.....	21
<b>Figura 3</b> – Manuseio de betoneira para manipulação de materiais. ....	22
<b>Figura 4</b> - Ilustração de uma Rosa dos Ventos evidenciando a velocidade e direção predominante .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 5</b> – Curvas de avaliação de ruído (NC). ....	35
<b>Figura 6</b> – Classificação do Material Particulado quanto ao local de deposição .....	41
<b>Figura 7</b> – Mapa de Localização do Condomínio onde foram realizadas as medições.....	46
<b>Figura 8</b> – Amostrador em posição de amostragem.....	48
<b>Figura 9</b> – Em posição de calibração .....	48
<b>Figura 10</b> – Dosímetro Spark® 703+ Larson Davis .....	50
<b>Figura 11</b> - External IR interfaces.....	50
<b>Figura 12</b> – Dosímetro instalado no operário próximo ao ouvido. ....	51
<b>Figura 13</b> – Gráfico referente ao Leq de cada intervalo da medição, medidos em dB(A). ....	56
<b>Figura 14</b> – Gráfico referente ao Lpico de cada intervalo de medição, medidos em dB(C). ....	57
<b>Figura 15</b> – Resultados da Dosimetria realizada no operário. ....	58



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Distribuição do número de empresas ativas, número de empregados e os valores de folhas de pagamento por região.....	16
<b>Tabela 2</b> – Impactos ambientais relacionados às etapas da indústria da construção civil. ....	18
<b>Tabela 6</b> – Níveis Sonoros para conforto acústico .....	34
<b>Tabela 7</b> – Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes .....	36
<b>Tabela 8</b> – Resultados obtidos na medição de partículas totais suspensas no ar.....	53
<b>Tabela 9</b> – Classificação das concentrações encontradas: qualidade do ar e efeitos à saúde. .	54
<b>Tabela 10</b> – Relação da atividade e o nível de pressão sonora equivalente .....	57
<b>Tabela 11</b> - Relação da atividade e o pico de pressão sonora.....	58

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Aspectos ambientais relacionados a incômodos e poluição em função das diferentes fases de uma obra e de suas principais atividades.....	20
<b>Quadro 2</b> - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 491/18) .....	24
<b>Quadro 3</b> - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações.....	25
<b>Quadro 4</b> - Estrutura dos índices de qualidade do ar. ....	26
<b>Quadro 5</b> – Qualidade de ar a partir da concentração de PTS.....	27
<b>Quadro 6</b> - Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera. ....	40
<b>Quadro 7</b> - Impacto de ruídos na saúde volume/reação efeitos negativos exemplos de exposição. ....	44
<b>Quadro 8</b> – Comparação das médias das concentrações na semana e no final de semana. ....	55
<b>Quadro 9</b> - Matriz de aspectos e impactos ambientais relacionados ao material particulado e ao ruído em canteiros de obras atrelado a aspectos sociais. ....	61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Construção civil .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Impactos da Construção Civil .....</b>	<b>18</b>
2.2.1 Poluição Atmosférica.....	23
2.2.1.1 Monitoramento do material particulado .....	28
2.2.1.2 Parâmetros Meteorológicos.....	29
2.2.2 Poluição Sonora .....	32
<b>2.3 Efeitos da Poluição .....</b>	<b>40</b>
2.3.1 Poluição Atmosférica.....	40
2.3.1.1 Efeitos na natureza .....	40
2.3.1.2 Efeitos na saúde humana.....	42
2.3.2 Poluição Sonora .....	44
2.3.2.1 Efeitos na natureza .....	44
2.3.2.2 Efeitos na saúde humana.....	44
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Área de estudo .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Descrição das principais atividades.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3 Equipamentos utilizados para as medições .....</b>	<b>48</b>
3.3.1 Amostrador de partículas .....	48
3.3.2 Dosímetro.....	50
<b>3.4 Determinação dos impactos ambientais .....</b>	<b>52</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 Exposição às Partículas Totais Suspensas no ar .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 Exposição ao Ruído .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3 Avaliação dos impactos ambientais relacionados à geração de material particulado e de ruído .....</b>	<b>61</b>
<b>4.4 Avaliação das ações tomadas pelos órgãos competentes .....</b>	<b>64</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2007) a indústria da construção civil é considerada como uma das maiores causadoras de impactos ambientais. No Brasil, estima-se que esse setor é responsável por 75% de todos os recursos que são extraídos da natureza a fim de atenderem todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação que vai além da extração de recursos naturais, como: o fabrico de materiais, a execução de obras e a disposição dos resíduos. Essas etapas demandam grande geração de energia, causam efeitos adversos no solo, na água e no ar, levando a formação de áreas degradadas e consequente diminuição da qualidade de vida e do meio ambiente (GRAÇA ROTH; MELLO GARCIA).

Por outro lado, o setor da construção civil ocupa posição de destaque na economia do País. Em 2017, foi responsável por 9,9% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional com R\$ 648 bilhões, além da geração de 10,6 milhões de empregos diretos e indiretos, gerando recolhimento para união em impostos, equivalente a 180 milhões de reais (G1, 2018). Isso se dá pela facilidade que o mercado tem em absorver seus produtos e serviços, estando atrelado à grande necessidade e demanda em que a sociedade tem em realizar obras como as de infraestrutura.

O ser humano cada vez mais procura atingir o conceito de sustentabilidade em seus processos, ou seja, garantir um equilíbrio entre a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico, de modo a não comprometer o futuro das próximas gerações. Sendo assim, o setor da construção civil também deve estar alinhado a essa visão. Porém é do senso comum achar que uma obra considerada sustentável é somente aquela que trás benefícios socioambientais como, por exemplo, aproveitamento da luz solar, aproveitamento de água pluvial ou de área verde/permeável. Mas, sabe-se que uma construção sustentável é mais que apenas isso; é também aquela que se preocupa com o lado econômico e social do processo construtivo, como destinação adequada de resíduos, reaproveitamento e reciclagem de materiais, controle de emissão material particulado e de ruídos (GRAÇA ROTH; MELLO GARCIA, 2009).

Dentro desses aspectos, dois devem possuir destaque: emissão de material particulado e de ruído por serem potenciais causadores de doenças ocupacionais, diminuição da qualidade de vida e grande perturbação à vizinhança. A poluição

devido à emissão de material particulado pode acarretar em doenças respiratórias e cardíacas, desvalorização de imóveis e danos à fauna e à flora (ARBEX, 2001). Sobre esse assunto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que 90% da população mundial respira ar poluído. A geração de ruído, por sua vez, pode levar à perda da audição, como também causar degradação da qualidade psicológica, mecânica e fisiológica do indivíduo, como por exemplo, diminuição da libido (BARROS, 2016). Estima-se que 10% da população mundial está exposta a níveis de pressão sonora que podem causar perda auditiva induzida por ruído (OMS, 2013).

No Brasil, estudos relacionados à emissão de materiais particulados e de ruído ainda são pouco explorados em canteiros de obras. Com isso, este trabalho pretende levantar os principais aspectos e impactos ambientais relacionados à poluição atmosférica por material particulado e à poluição sonora provenientes da construção civil, com ênfase em algumas questões: a) identificar as principais fontes geradoras de material particulado e de ruídos na etapa de execução de obras; b) avaliar os principais danos que afetam a saúde das pessoas, causados pela geração de material particulado e ruído; c) contribuir na elaboração de planos de gestão para controle de geração de material particulado e de ruídos em obras; d) dispor de informações que visem o aprimoramento de processos de licenciamento ambiental para empreendimentos que envolvem obras civis.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Construção Civil

O setor da construção civil é considerado bastante importante para o desenvolvimento dinâmico de um país ou região por exercerem forte impacto na economia pela facilidade de investimento, pela geração de renda, pelo alto valor adicionado e pela geração de tributos e empregos. Isso se deve ao fato de possuir um grande encandeamento econômico, ou seja, muitos setores dependem da indústria da construção, tornando-se assim um chamado “setor-chave” para a economia e indústria (TEIXEIRA; CARVALHO, 2005).

Teixeira e Carvalho (2005) realizaram um estudo sobre o desenvolvimento da economia brasileira tendo a construção civil como seu instrumento, abordando questões como a criação de infraestrutura econômica por meio da instalação de portos, ferrovias, rodovias, sistemas de irrigação, energia e comunicação, o que torna desse setor o principal formador de capital fixo social, ou seja, que com certeza irá dar retorno para a sociedade. Segundo Teixeira e Carvalho (2005), a importância do setor da construção civil pode ser medida por sua contribuição relativa para formação do produto nacional, se considerar os efeitos diretos e indiretos e os efeitos totais encontraremos um valor de, respectivamente, 11,25% e 13,69%, o que leva à quarta posição do *ranking* entre as participações dos setores, ficando atrás somente da administração pública, do aluguel de imóveis e o da agropecuária.

De acordo com a Pesquisa Anual da Indústria e Construção (PAIC) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no último dia de 2016 houve 127.332 empresas de construção ativas no Brasil, 2.013.789 de empregados, gerando uma folha de pagamento (salários, retiradas e outras remunerações) igual a, aproximadamente, 58,5 bilhões de reais. Na Tabela 1, pode-se verificar a distribuição do número de empresas ativas, número de empregados e os valores de folhas de pagamento por região.

**Tabela 1** - Distribuição do número de empresas ativas, número de empregados e os valores de folhas de pagamento por região.

<b>Região</b>	<b>Nº de empresas ativas</b>	<b>Nº de empregados em 31/12/2016</b>	<b>Valores de remunerações (x R\$ 1000,00)</b>
Norte	3.833	77.520	1.722.795
Nordeste	17.483	395.187	9.385.494
Sudeste	62.162	1.041.476	34.135.008
Sul	33.745	345.329	9.226.184
Centro-Oeste	10.109	154.277	4.045.281
<b>Total</b>	<b>127.332</b>	<b>2.013.789</b>	<b>58.514.762</b>

Fonte: Plano Anual da Indústria e Construção (2016)

Trazendo essa questão para o Estado de Sergipe, podemos observar através da PIAC (2016) que dentre as empresas de construção com mais de cinco pessoas ocupadas existe um total de 449 empresas ativas com 18.698 pessoas ocupadas (em 31/12/2016), o que gera salários, retiradas e outras remunerações equivalentes a R\$ 396.188.000,00. Comparando-se ao ano anterior (2015) esses valores sofreram uma queda de, respectivamente, 4,47%; 34,48% e 24,46% devido à crise que assola nosso País. Agora, comparando-se a situação desse estado com os demais da região Nordeste, verifica-se, respectivamente, as seguintes posições: 7º estado com maior número de empresas, na frente somente do Alagoas e do Piauí; 8º estado com maior número de pessoas ocupadas em 31/12/2016, estando mais bem colocado somente que Pernambuco e 7º estado que mais obteve valores de salários, retiradas e outras remunerações na frente somente dos estados de Ceará e Alagoas.

Em Sergipe, de acordo com o Relatório de Contas Regionais divulgado em dezembro de 2018, em 2016 (ano do estudo) o setor da indústria da construção foi responsável por 7,8% do PIB desse ano, ocupando o quarto lugar dentre atividades de maior participação. No macrossetor da Indústria que corresponde à extração mineral, transformação, SIUP (Serviços Industriais e de Utilidade Pública) e construção, esse último deteve de 39% do arrecadado, sendo equivalente a 2,719 bilhões de reais, e mesmo com 7,7% de queda na produção em relação ao ano anterior, a construção passou a ser o maior segmento sergipano (SEPLAG, 2018).



## 2.2 Impactos da Construção Civil

Segundo a Resolução CONAMA nº 001 de 1986, impacto ambiental é:

*“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*

*I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*

*II - as atividades sociais e econômicas;*

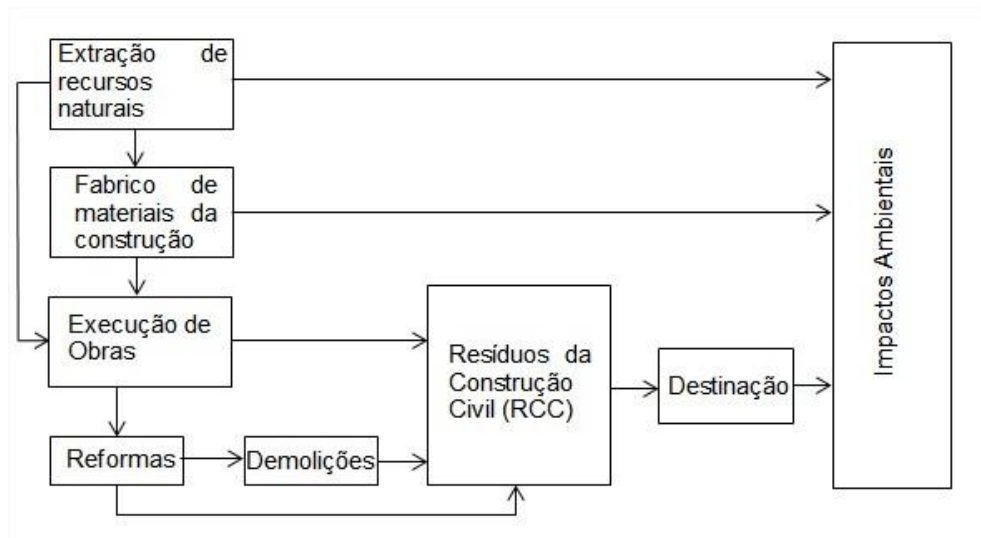
*III - a biota;*

*IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*

*V - a qualidade dos recursos ambientais”.*

De acordo com Barreto (2005) o setor da construção civil é um dos setores da indústria que mais causa impactos ao meio ambiente, seja ao solo, à atmosfera ou aos corpos hídricos. Isso se dá, principalmente, pela grande cadeia produtiva que envolve desde a extração de recursos naturais até a disposição final de resíduos sólidos, passando pelo fabrico de materiais e execução de obras (Figura 1).

**Figura 1** - Impactos ambientais da cadeia da construção civil.



Fonte: Ministério das Cidades. Secretaria de Saneamento Ambiental (2007) adaptado pelo autor.

A Tabela 2 mostra os principais impactos relacionados a cada uma das etapas que envolvem a indústria da construção civil, passando uma ideia do tamanho dos prejuízos ambientais que essas atividades podem causar.

**Tabela 2** – Impactos ambientais relacionados às etapas da indústria da construção civil.

<b>Etapa</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Extração de recursos naturais	Assoreamento de corpos hídricos; erosão do solo; emissão de gases poluentes; aumento da temperatura; dispersão de material particulado; geração de ruído; geração de rejeitos.
Fabrico de materiais	Emissão de gases poluentes; efeito adverso na estética e na paisagem; degradação da camada de ozônio; formação de chuvas ácidas; dispersão de material particulado no entorno; geração de ruído.
Execução de Obras	Impermeabilização do solo; formação de ilhas de calor; dispersão de material particulado na vizinhança da obra; geração de ruído.
Disposição de resíduos sólidos	Proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; obstrução de sistemas de drenagem; poluição visual; ocupação de vias e logradouros públicos.

Fonte: Graças Roth; Mello Garcias (2009)

Os impactos ambientais de origem antrópica, não importa o setor, devem ser primeiramente identificados, para em seguida serem controlados e monitorados, de modo a garantir uma boa gestão ambiental a qual, por sua vez, estará visando o desenvolvimento de modo sustentável, ou seja, ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável.

A avaliação dos aspectos e impactos ambientais auxilia na tomada de decisões por parte dos gestores, além de servirem como base de princípios para elaboração de normas e resoluções que poderão guiar processos de licenciamento ambiental. Conhecer e avaliar os aspectos e impactos torna possível indicar a melhor forma de monitoramento, adoção de medidas de controle, além de ser útil na construção de condicionantes de licenças ambientais.

Para a avaliação de aspectos e impactos ambientais são utilizadas ferramentas como a matriz de Leopold (e suas derivações), que relacionam a atividade desenvolvida aos aspectos a serem analisados e os seus impactos causados, levando em consideração a sua magnitude e importância. Essa ferramenta pode se adaptar conforme o objetivo do seu estudo (SANCHÉZ, 2008).

O Quadro 1 é fruto do estudo de Araújo e Cardoso (2006) onde estão elencados os aspectos ambientais que causam incômodos mais importantes relacionados a cada fase de uma edificação, além de apontar também as atividades envolvidas para cada fase.

Nos canteiros de obras é possível identificar diversas fontes de poluição, as quais incluem a geração de ruído e de material particulado suspenso no ar.

Segundo Resende (2007) as principais fontes de poluentes atmosféricos estão relacionadas às atividades que envolvem cortes com serra de disco, serragem manual, perfuração, uso de material pulverulento, queima, escavação, corte serra em bancada, aspersão de partículas líquidas, quebra de materiais pulverulentos e limpeza com varrição. A Figura 2 exemplifica uma fonte de poluição atmosférica em canteiros de obras.

**Quadro 1** - Aspectos ambientais relacionados a incômodos e poluição em função das diferentes fases de uma obra e de suas principais atividades.

		INCÔMODOS E POLUIÇÃO									
		ASPECTOS AMBIENTAIS									
FASE DA OBRA	ATIVIDADES	Geração de resíduos perigosos	Geração de resíduos sólidos	Emissão de vibração	Emissão de ruídos	Lançamento de fragmentos	Emissão de material particulado	Risco de geração faíscas onde há gases dispersos	Desprendimento de gases, fibras e outros	Ventilação	Manejo de materiais perigosos
Serviços Preliminares	Demolição	♦	♦	♦	♦	♦	♦	X	♦	X	♦
	Limpeza superficial do terreno		♦		♦	X	♦				
Infra-estrutura	Fundações		♦	♦	♦		♦			♦	
	Rebaixamento do lençol		X	X	X	X	X				
	Escavações e contenções		♦	♦	♦		♦				
Estrutura	Estrutura	X	♦		♦	♦	♦				X
Vedações Verticais	Alvenarias		♦		X	♦	X				
	Divisórias	♦	X		X		X				
	Esquadrias		X		X						
Cobertura e proteção	Telhado		♦		X	X			♦		
	Impermeabilização	♦	X		X				♦	X	♦
Revestimentos verticais	Revestimento vertical		♦	X	♦	♦	♦				
Pintura	Pintura	♦					♦		♦	♦	♦
Pisos	Piso	♦	♦		X	X	♦		X	♦	♦
Sistemas Prediais	Sistemas Prediais		♦	X	X	X	X	X	♦		
Redes e vias	Redes enterradas e aéreas	X	♦	♦	♦	X	♦	♦	X		
	Terraplenagem	♦	♦	♦	♦	X	♦	X	X		
	Pavimentação	♦	♦	♦	♦	X	♦		♦		♦
	Drenagem superficial		♦	X	♦	X	X				

Fonte: Araújo; Cardoso (2016)

♦ - Aspecto ambiental normalmente mais relevante;

x - Aspecto ambiental normalmente menos relevante.

A partir da análise desse quadro, percebe-se que os aspectos como emissão de ruído e emissão de material particulados são considerados como de grande relevância para a maioria das fases de uma edificação, inclusive para aquelas que compõem o estudo de caso deste trabalho: estruturação e vedações verticais.

**Figura 2** – Manuseio de serra de corte.



Fonte: Autor desconhecido (2015).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1999), nos canteiros de obras existem diversas fontes de poluição sonora como os motores de carros usados na escavação (escavadeiras, pás carregadeiras, retroescavadeiras), equipamentos de manipulação de materiais (betoneiras, serra de corte e guindastes) e equipamentos estacionários (compressores, geradores e bombas). A emissão de ruído associado aos motores é geralmente a fonte de ruído dominante de cada equipamento. Entretanto, os chamados *intakes* (ruídos de entrada), como ventiladores e transmissões podem também contribuir no nível de ruído emitido. A figura exemplifica uma fonte de poluição sonora em canteiro de obras.

**Figura 3** – Manuseio de betoneira para manipulação de materiais.



Fonte: Autor desconhecido (2017).

### 2.2.1 Poluição Atmosférica

A atmosfera é parte integrante da biosfera composta por uma camada de gases, comumente chamada de ar, podendo ser dividida em: exosfera (700 a 10.000 km), termosfera (80 a 700 km), mesosfera (50 a 80 km), estratosfera (12 a 50 km) e a troposfera (0 a 12 km). Por volume, a atmosfera é composta principalmente por 78,09% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio, 0-5% de H<sub>2</sub>O (WALLACE; HOBBS, 2006).

Essas camadas servem de grandes reatores, pois ocorrem inúmeras reações químicas provenientes dos movimentos de massa, da termodinâmica e da emissão de compostos químicos que levam à alteração nas propriedades físicas e químicas da atmosfera.

A resolução CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018), que revoga a resolução CONAMA nº 03/90, define poluente atmosférico como:

*“qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.*

A resolução CONAMA supracitada padroniza limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos, e os classifica de acordo com valores temporários a serem cumpridos em etapas. Esses valores podem ser referentes a padrões intermediários ou padrões finais. Tanto os padrões intermediários quanto os padrões finais irão seguir o Plano de Controle de Poluição Atmosférica definido por cada Estado. Nesse

plano devem constar os objetivos e as metas de diminuição de emissão dos poluentes atmosféricos. Nele, serão definidos os valores dos padrões intermediários (PI-1, PI-2 e PI-3) até ser atingindo o padrão final (PF), que é o valor mais restrito de emissão, estabelecido pela OMS (Quadro 2).

Além de revogar a resolução CONAMA Nº 03/90, a resolução CONAMA nº 491/18, revoga também, os itens 2.2.1 e 2.3 da resolução CONAMA nº 05 de 15 de junho de 1989. Antes, essa resolução trazia diretrizes de enquadramento para todo o território nacional (áreas classe I, classe II ou classe III), como também classificava os padrões de qualidade do ar em dois tipos: padrão primário e padrão secundário. O primeiro tipo tratava de limites que se ultrapassados, poderiam afetar a saúde da população, ou seja, níveis máximos toleráveis de poluentes atmosféricos. Já o segundo, era entendido como padrões para níveis desejados de concentração de poluentes na atmosfera.

A nova resolução traz padrões para os seguintes poluentes atmosféricos: Material Particulado –  $MP_{10}$ ; Material Particulado –  $MP_{2,5}$ ; Dióxido de Enxofre –  $SO_2$ ; Dióxido de Nitrogênio –  $NO_2$ ; Ozônio –  $O_3$ ; Fumaça; Monóxido de Carbono; Partículas Totais em Suspensão – PTS; e Chumbo – Pb (Quadro 2). As Partículas Totais em Suspensão - PTS e o material particulado em suspensão na forma de fumaça - FMC são parâmetros auxiliares que poderão ser utilizados de forma específica, a critério do órgão ambiental competente. Além disso, essa resolução define  $MP_{10}$  como partículas de material sólido ou líquido suspenso no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros, enquanto que  $MP_{2,5}$  são partículas com essas mesmas características porém com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetro.

**Quadro 2** - Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA nº 491/18)

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1	PI-2	PI-3	PF	
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	ppm
Material Particulado – MP <sub>10</sub>	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
Material Particulado – MP <sub>2,5</sub>	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual <sup>1</sup>	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre – SO <sub>2</sub>	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual <sup>1</sup>	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio – NO <sub>2</sub>	1 hora <sup>2</sup>	260	240	220	200	-
	Anual <sup>1</sup>	60	50	45	40	-
Ozônio – O <sub>3</sub>	8 horas <sup>3</sup>	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono	8 horas <sup>3</sup>	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão – PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual <sup>4</sup>	-	-	-	80	-
Chumbo – Pb <sup>5</sup>	Anual <sup>1</sup>	-	-	-	0,5	-
<sup>1</sup> – média aritmética anual.						
<sup>2</sup> – média horária.						
<sup>3</sup> – máxima média móvel obtida.						
<sup>4</sup> – média geométrica anual.						
<sup>5</sup> – medido nas partículas totais em suspensão.						

Fonte: BRASIL (2018).

A resolução CONAMA nº 491/18 traz níveis de episódios críticos os quais estão relacionados à concentração medida (Quadro 3). Providências deverão ser tomadas a partir do nível em que o episódio agudo se encontrar de acordo com o Plano para Episódios Críticos de Poluição do Ar que deverá ser elaborado pelo órgão ambiental competente.



**Quadro 3** - Níveis de atenção, alerta e emergência para poluentes e suas concentrações.

Nível	Poluentes e concentrações					
	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)	Material Particulado		CO ppm (média móvel de 8h)	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup> (média móvel de 8h)	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 1h)
		MP <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)	MP <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)			
<b>Atenção</b>	800	250	125	15	200	1.130
<b>Alerta</b>	1.600	420	210	30	400	2.260
<b>Emergência</b>	2.100	500	250	40	600	3.000

Fonte: BRASIL (2018).

Outra maneira de avaliar a exposição aos poluentes atmosféricos é através do Índice de Qualidade do Ar (IQA<sub>r</sub>). O CONAMA, em sua resolução nº 491/18 dispõe de uma metodologia para o cálculo do IQA<sub>r</sub> o qual é utilizado para fins de comunicação e informação onde a população poderá relacionar as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde. O cálculo do IQA<sub>r</sub> é dado através da Equação 1 com auxílio do Quadro 4. Para cada poluente medido é calculado um índice cujo valor é adimensional, valor esse que deverá se enquadrar em uma das faixas de qualidade do ar (CETESB, 2018).

$$IQA_r = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini}) \quad (1)$$

Onde:

*I<sub>ini</sub>*: valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa;

*I<sub>fin</sub>*: valor do índice que corresponde à concentração final da faixa;

*C*: concentração medida;

*C<sub>ini</sub>*: concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida;

*C<sub>fin</sub>*: concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida.

**Quadro 4** - Estrutura dos índices de qualidade do ar.

<b>Qualidade</b>	<b>Índice</b>	<b>MP<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) 24h</b>	<b>MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) 24h</b>	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) 8h</b>	<b>CO (µg/m<sup>3</sup>) 8h</b>	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) 1h</b>	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) 24h</b>
N1 – Boa	0 - 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 – 240	>20 – 40
N3 – Ruim	81 – 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 – 320	>40 – 365
N4 – Muito Ruim	121 - 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 – 1130	>365 – 800
N5 - Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: CETESB (2018)

Além do IQAr, a classificação da qualidade do ar pode ser feita através da concentração de PTS obtida (Quadro 5) (SEMARH, 2014). Porém essa classificação deve ocorrer somente quando não houver indicação específica para coleta de particulado inalável, torácico ou respirável (Fundacentro, 2009).

**Quadro 5** – Qualidade de ar a partir da concentração de PTS.

Concentrações	Qualidade do ar	Efeitos sobre a saúde.
0 a 80	Boa	
81 a 120	Regular	Pessoas de grupos sensíveis como crianças, idosos e portadores de doenças respiratórias e cardíacas podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
121 a 240	Moderada	
241 a 375	Inadequada	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar efeitos mais sérios à saúde.
376 a 625	Má (Estado de atenção conforme a Resolução CONAMA nº 03/90)	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis.
626 a 875	Péssima (Estado de alerta conforme a Resolução CONAMA nº 03/90).	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.
Maior que 875	Crítica (Estado de Emergência conforme a Resolução CONAMA nº 03/90).	

Fonte: (SEMARH, 2014) adaptado pelo autor.

### 2.2.1.1 Monitoramento de material particulado

Existem diversos equipamentos que podem ser utilizados para realizar o monitoramento do ar em canteiros de obras de forma quantitativa. Segundo Resende (2007), as ações de controle e prevenção de emissão de material particulado são cruciais para atenuar os efeitos nocivos causados por esse poluente. Mas, deve haver um monitoramento rotineiro em campo a fim de avaliar a eficácia dos resultados dessas ações.

Moraes (2014) aponta os tipos de amostragem de material particulado. Os principais podem ser classificados da seguinte forma:

- **Amostradores de poeiras totais** – São aqueles que coletam as partículas sem fazer qualquer seleção de tamanho, geralmente possuem um único estágio e são utilizados na determinação de massa total de poeira coletada.

- **Amostradores de Grande Volume (AGV)** – O seu método de ensaio consiste em colocar um ou mais amostradores em posições pré-definidas. O aparelho succiona certo volume de ar por meio de um filtro, comumente de fibra de vidro ou de celulose por serem inertes, higroscópicos e apresentarem baixa resistência à passagem do ar durante um período de amostragem de 24 horas. A capacidade de sucção do amostrador e a forma do abrigo proporcionam a coleta de partículas de até 100  $\mu\text{m}$  (diâmetro aerodinâmico), a depender da velocidade e direção do vento. Este método é aplicado em medições de concentração em massa de PTS de 24 horas, com partículas com tamanho entre 0,3 e 100  $\mu\text{m}$ .

- **Amostrador de médio volume** - Neste método a vazão de ar succionada é aproximadamente de 150  $\text{m}^3/\text{dia}$  e o diâmetro do orifício de entrada e de coleta do filtro é por volta de 5 cm. O limite de detecção é de cerca de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para um período de 24 horas. Geralmente, esse aparelho não é indicado para medição de concentração de PTS.

- **Minivol** – Este equipamento é portátil e calibrado para as condições padrão e ajustado para operar a uma vazão de até 5,0 L/min nessas condições. Condição padrão é definida como uma pressão atmosférica de 760mmHg e uma temperatura de 298°K. Em outras localidades, o Minivol deve ser ajustado para contabilizar as diferentes temperaturas ambientes e pressões atmosféricas. Este aparelho possui um impactador cuja função é separar as partículas pelo tamanho, sendo projetado para diâmetros de cortes de 10 $\mu\text{m}$  ou 2,5 $\mu\text{m}$ .

### 2.2.1.2 Parâmetros Meteorológicos

Conhecer a meteorologia da área em que está sendo estudada é fundamental, uma vez que o comportamento da partícula na atmosfera varia diretamente em função dos aspectos meteorológicos. Segundo Lyra (2008), os principais parâmetros meteorológicos relacionados à poluição atmosférica são: vento próximo à superfície, direção e velocidade do vento, turbulência, estabilidade, radiação solar, pressão atmosférica, altura da camada limite e umidade, como descreve os itens abaixo.

- **Vento próximo à superfície**

É o vento que se movimenta de forma horizontal à superfície. Esse fenômeno de circulação é gerado a partir do movimento de rotação, das diferentes pressões, temperaturas e das diversas formas de energia a qual a atmosfera é submetida.

- **Direção e velocidade do vento**

Diz respeito ao sentido o qual o vento está soprando. O vento pode soprar para qualquer uma das 16 direções existentes na rosa dos ventos num período de 24 h. Porém, sempre existirá uma direção predominante. A rosa dos ventos reúne simultaneamente a velocidade e a direção do vento e a frequência de ocorrência.

- **Turbulência**

É o nome dado ao movimento desordenado do vento. Os poluentes atmosféricos podem se dispersar ou se separar, espalhando-se a depender deste parâmetro. A turbulência é causada pela rugosidade da superfície, ou seja, locais com árvores altas, edificações e relevo elevado intensificam este parâmetro.

- **Estabilidade**

Está diretamente ligado ao grau de equilíbrio de uma parcela de ar, que em seu movimento vertical tende a se elevar ou descer em função da temperatura, pressão e densidade.

- **Radiação Solar**

A transferência de calor entre a radiação solar, os oceanos e a superfície terrestre é o principal processo que comanda as mudanças diárias do tempo. A radiação contribui para a formação de ozônio e poluentes secundários.

- **Pressão atmosférica**

A Pressão atmosférica se refere ao peso de uma coluna de ar sobre determinada área da superfície terrestre, ou a força que o ar exerce sobre uma área imediatamente adjacente ao solo.

- **Altura da Camada Limite**

A camada limite é uma cobertura de ar que vai da superfície do solo até o nível da primeira inversão térmica, encontrada no perfil de temperatura. Esta camada possui uma altura média de 500 metros. Dentro desta camada, os poluentes podem ser facilmente misturados a outras substâncias em suspensão, assim como ao vapor d'água.

- **Umidade**

A umidade é a presença de vapor d'água na atmosfera, cuja concentração máxima é de aproximadamente 4%. A umidade relativa é uma medida do quanto o ar está próximo do ponto de saturação do vapor d'água. A umidade aumenta a massa e densidade das partículas, aumentando sua velocidade de queda.

### **2.2.2 Poluição Sonora**

Como dito anteriormente, outro tipo de poluente bastante evidenciado nos canteiros de obras é a poluição sonora. Seguindo a análise feita por Barros (2016) a partir da pesquisa realizada por Alencar, Alves e Oiticica (2013), na cidade de Maceió (AL) a poluição atmosférica teve o maior quantitativo de reclamações registradas na Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (SEMPMA), sendo de 37% em 2011 e 26% em 2012.

Por outro lado, Barros (2016) relatam que esse tipo de poluição é aceito pela maioria das pessoas por ser de curta duração, mesmo atingindo altos níveis de poluição sonora. Portanto, a duração é um parâmetro que deve ser levado em consideração quando se trata de avaliação das atividades ruidosas.

Segundo Barros apud Maroja (2016), nos últimos tempos os equipamentos e as máquinas têm seu trabalho reduzido em tempo, para diminuir o custo da obra, elevando os níveis de ruído, ou seja, quanto menor o tempo de execução de determinada atividade, maior o nível de ruído, visto que ainda não foram desenvolvidas tecnologias que garantam a redução do tempo junto à redução do ruído.

Levando-se em consideração os impactos causados pela poluição sonora, sejam eles os prejuízos causados à saúde humana ou ao meio ambiente, foram elaboradas resoluções, leis e normas que visam o controle adequado desse tipo de poluição. É possível garantir o adequado controle da poluição sonora através da parametrização dos níveis de pressão sonora que essas resoluções, leis e normas fornecem, além de servirem de norte para aqueles que querem, mais do que se enquadrar na legislação, obter um meio ambiente com menor potencial degradador e melhor qualidade de vida.

- **ABNT NBR 10151:2000**

Esta norma visa fixar condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Além disso, especifica um método para a avaliação do ruído, como também aplicações de correções para o nível de ruído medido caso se encaixe em uma das medições que a norma considera com características especiais e por fim, define que o método de avaliação deve envolver as medições de nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) em decibels ponderados em “A”, comumente chamados de dB(A). O  $L_{Aeq}$  nada mais é do que o nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora referente a todo o intervalo de medição.

A norma utiliza padrões internacionais como referência, em conformidade com a ISO (*Internacional Organization for Standardization*) e com a IEC (*Internacional Eletronic Commission*).

Dentre as definições que a esta norma traz, estão:

- a) ruído de carácter impulsivo: possuem picos de energia acústica com duração menor do que 1 s e que se repetem a intervalos maiores do que 1 s (por exemplo martelagens, bate-estacas, tiros e explosões).
- b) ruído com componentes tonais: contém tons puros (som de apitos ou zumbidos).
- c) nível de ruído ambiente ( $L_{ra}$ ): nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

Quanto aos aparelhos de medição, a norma utiliza como referência as especificações da IEC 60651 para tipo 0, tipo 1 ou tipo 2. Recomenda ainda que o equipamento possua capacidade para medição de nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ) conforme a IEC 60804.

A resolução em questão traz os procedimentos exigíveis para realizar medições, estando relacionado a diversas especificidades, como, por exemplo, limites de distância da propriedade, se a medição é externa ou interna. Segundo a norma, as medições retornarão níveis corrigidos ( $L_c$ ) que poderão variar a depender das características das situações especiais, obedecendo às condições relatadas.

Sobre a avaliação do ruído, a norma diz que se deve realizar uma comparação baseada entre o nível de pressão sonora corrigido ( $L_c$ ) e o Nível de Critério de Avaliação (NCA), estabelecido conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151 (ABNT, 2000).

Segundo a norma, os órgãos ambientais competentes podem definir os horários dos períodos “Diurno” e “Noturno” (Tabela 3). Porém o período noturno não deve se iniciar depois das 22:00 horas e nem terminar antes das 7:00 horas do dia seguinte. Caso o dia seguinte seja domingo, o período noturno não deve terminar antes das 9 horas. Os horários que não foram definidos como “noturno” são logicamente definidos como “diurnos”.

Fernandes (2005) relata que quando o nível corrigido (Lc) ultrapassa o NCA definido pela norma (Tabela 4), podem ocorrer reclamações por parte da vizinhança.

**Tabela 4** – Resposta estimada da vizinhança ao ruído

<b>Valor em dB(A) em que o Lc ultrapassa o NCA</b>	<b>Descrição</b>
0	Não se observa reação
5	Queixas esporádicas
10	Queixas generalizadas
15	Ação comunitária
20	Ação comunitária energética

Fonte: Barros apud Fernandes (2016).



- **ABNT NBR 10152:1987**

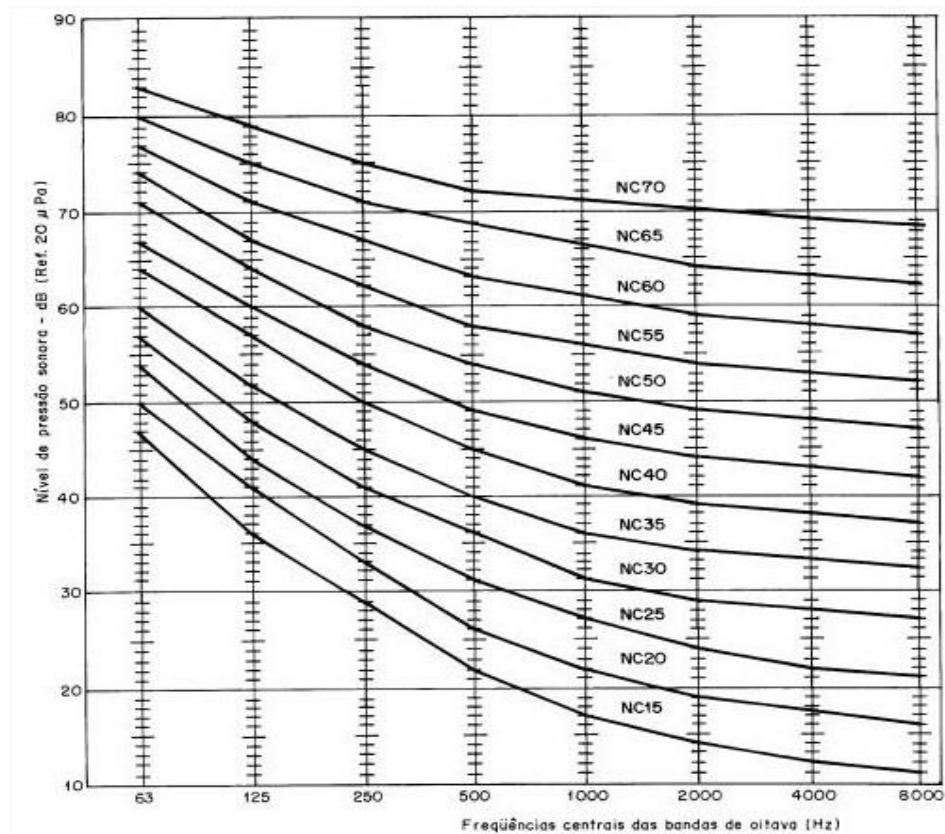
O objetivo desta norma é fixar níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. Esta norma dispõe de duas formas para realizar a fixação dos limites de ruído para cada atividade. A primeira forma é através do ruído encontrado em medição normal [em dB(A)], enquanto que a segunda é com o uso das Curvas de Avaliação de Ruído (NC). A Tabela 5 mostra os níveis sonoros divididos em valores inferiores e superiores, tanto para dB(A) quanto para NC. Os valores inferiores na tabela significam o limite de conforto acústico, enquanto que os de valores superiores significam um nível aceitável, se o valor obtido ultrapassar o valor superior, o local em questão será considerado como de desconforto.

A norma em questão diz que analisar a frequência de um ruído é sempre importante para objetivos de avaliação e adoção de medidas de correção e redução do nível sonoro. Para tal são utilizadas várias curvas de avaliação de ruído (NC), as quais podem ser comparadas com um espectro sonoro, possibilitando a identificação das bandas de frequência mais relevantes e que se faz necessária à correção, conforme a Figura 5.

**Tabela 5** – Níveis Sonoros para conforto acústico

<b>Locais</b>	<b>dB(A)</b>	<b>NC</b>
<b>Hospitais</b>		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35 - 45	30 – 40
Laboratórios, áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
<b>Escolas</b>		
Bibliotecas, salas de músicas, sala de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
<b>Hotéis</b>		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, salas de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulação	45 – 55	40 – 50
<b>Residências</b>		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de estar	40 – 50	35 – 45
<b>Auditórios</b>		
Salas de concertos, teatros	30 – 40	25 – 35
Salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 40
<b>Restaurantes</b>		
	40 – 50	35 – 45
<b>Escritórios</b>		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Sala de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	55 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
<b>Igrejas e Templos</b>		
	40 – 50	35 – 45
<b>Locais para esporte</b>		
Pavilhões fechados para esportes	45 – 60	40 – 55

Fonte: ABNT NBR 10152 (1987).

**Figura 4 – Curvas de avaliação de ruído (NC).**

Fonte: Manual Ashrae Volume Sistemas Capítulo 35 (1980).

- **NR 15**

A NR 15, Norma Regulamentadora 15 (1978), vem considerar atividades ou operações insalubres as quais, dentre outras considerações, ultrapassam os limites de tolerância prevista nos anexos I e II da norma, os quais tratam de limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e dos limites para ruídos de impacto, respectivamente. Esta norma define Limite de Tolerância como:

“a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral” (BRASIL, 1992).

Portanto, esta Norma é bastante importante uma vez que assegura ao trabalhador que desenvolve atividade enquadrada como insalubre um adicional, incidente sobre o salário mínimo da região equivalente a 40%, 20% ou 10% a depender do grau de insalubridade, conforme o item 15.2 da Norma.

A Tabela 7 mostra os limites de tolerância [medidos em dB(A)] para ruído contínuo ou intermitente em função do tempo máximo diário permissível.

**Tabela 3** – Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes

<b>NÍVEL DE RUÍDO</b>	<b>MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA</b>
<b>dB (A)</b>	<b>PERMISSÍVEL</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15, Anexo 1 (1978).

Segundo esta norma, entende-se como ruído contínuo ou intermitente aquele que não é de impacto. Ou seja, o ruído que não apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos maiores a 1 (um) segundo.

No Anexo I da referida norma está disposta a metodologia para o cálculo de dose equivalente, ou seja, a equivalência da dose referente aos períodos que tiveram diferentes níveis de exposições, calculada a partir da equação abaixo.

$$Leq = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} \text{ ————— } \frac{Cn}{Tn} \text{ Equação 2}$$

Na Equação 2 devem ser considerados os efeitos combinados, de forma que se a soma das frações excederem a unidade, a exposição será considerada acima do limite de tolerância, portanto em condições de insalubridade.

O Anexo II desta norma dispõe sobre limites de tolerância para ruídos de impacto. Caso as atividades ou operações que exponham os trabalhadores, sem o uso do Equipamento de Proteção Individual adequado (EPI), a níveis de ruído de impacto maiores que 140 dB (LINEAR), medidos no circuito de resposta para impacto ou superiores que 130 dB(C), medidos no circuito de resposta rápida (FAST), a atividade estará enquadrada como de risco grave e eminente.

- **NR 09**

Esta Norma Regulamentadora estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais por parte de todos os empregadores e instituições que tenham funcionários, com o objetivo de preservar a saúde e integridade do trabalhador por meio de medidas de antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais que venham a existir no ambiente de trabalho, respeitando a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (BRASIL, 1978).

No seu item 9.1 da Norma Regulamentadora, ruído é definido como um agente de risco do tipo físico, já as poeiras são definidas como agente do tipo químico. Já no item 9.3.6 é disposto sobre os níveis de ação. A norma estabelece que deve ser objeto de controle sistemático as situações de exposição ocupacional acima dos níveis de ação. Para o ruído o nível de ação será ultrapassado caso haja dose superior a 50% do que é definido pela NR 15, Anexo I, item 6. Para agentes químicos, o nível de ação será excedido caso o valor da metade dos limites de tolerância definidos pela NR 15 (ou pela ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, no caso de ausência de valores dos limites NR 15) sejam ultrapassados.

- **Resolução CONAMA nº 01 de 08 de março de 1990**

Esta resolução cita as normas NBR-10.151 e NBR-10.152 da ABNT, dando providências para o controle de poluição causada pela emissão de ruído, válida para

quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

Essas normas e resoluções dispõem de diretrizes que visam à prevenção de riscos, o conforto acústico ou a segurança ocupacional. Atrelado a isso está o monitoramento da poluição sonora feito através do uso de ferramentas como os decibelímetros e os dosímetros.

## **2.3 Efeitos da Poluição**

Todas as atividades antrópicas que causam poluição trazem consequências graves, seja a curto ou longo prazo, ao meio ambiente e principalmente à saúde humana.

### **2.3.1 Poluição Atmosférica**

#### **2.3.1.1 Efeitos na natureza**

O material particulado apresenta impactos ambientais não só à saúde pública, mas também ao meio ambiente, como por exemplo, redução da visibilidade, danos a edificações, incômodos a vizinhos, impactos à vegetação e ecossistemas, poluição dos solos e das águas, entre outros (RESENDE, 2007).

A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) diz que o material particulado suspenso no ar pode ser depositado em diversos receptores e, a depender das suas características físico-químicas, pode fornecer variadas respostas de modo direto ou indireto num determinado ecossistema. Essas respostas vão depender de algumas características como: sensibilidade do ecossistema ou de suas partes a uma determinada concentração e composição química. Os efeitos dessa deposição podem causar acidificação de rios e lagos, mudando o equilíbrio de nutrientes em águas costeiras e grandes bacias hidrográficas; esgotar os nutrientes do solo; danificar florestas e plantações agrícolas sensíveis; afetar a diversidade dos ecossistemas; contribuir para os efeitos da chuva ácida.

O material particulado causa redução na visibilidade do meio, as partículas finas (MP<sub>2,5</sub>) são as que mais contribuem para isso, com a formação das chamadas neblinas, podendo causar acidentes e/ou degradação da estética do meio (US EPA, 2018).

Outro efeito da dispersão de material particulado é que se depositado em estátuas culturalmente importantes, rochas e outros materiais pode levar à danificação dos mesmos. Alguns desses efeitos estão relacionados às chuvas ácidas (USEPA, 2018).

Segundo Almeida (1999), os efeitos da poluição atmosférica sobre a flora vão desde a necrose do tecido das folhas, caules e frutos até a interrupção total do processo reprodutivo da planta, passando por redução e/ou supressão da taxa de crescimento; o aumento de susceptibilidade de doenças, pestes e clima adverso.

Em relação à vida animal, a dispersão de material particulado pode causar redução da capacidade de respiração e danos aos olhos, aumento da susceptibilidade às doenças, pestes e outros riscos ambientais relacionados ao estresse, a diminuição das fontes de alimento e por fim na redução da capacidade de reprodução (ALMEIDA, 1999).

Em 2017, a CETESB disponibilizou um relatório sobre qualidade do ar no Estado de São Paulo a cerca das características, principais fontes e os efeitos gerais ao meio ambiente, causados pela emissão de poluentes na atmosfera. Através do Quadro 6, podemos verificar e conhecer melhor quais são essas características, principais fontes e quais são os efeitos gerais ao meio ambiente.

**Quadro 6 - Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera.**

<b>Poluente</b>	<b>Características</b>	<b>Fontes Principais</b>	<b>Efeitos Gerais ao Meio Ambiente</b>
Partículas Inaláveis Finas (MP2,5)	Partículas de material sólido ou líquido suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho $\leq 2,5$ micra	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas Inaláveis (MP10) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho $\leq 10$ micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho $\leq 50$ micra	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser oxidado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinarias de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa de celulose e papel, fertilizantes	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores	
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Fonte: CETESB (2014a)

### 2.3.1.2 Efeitos à saúde humana

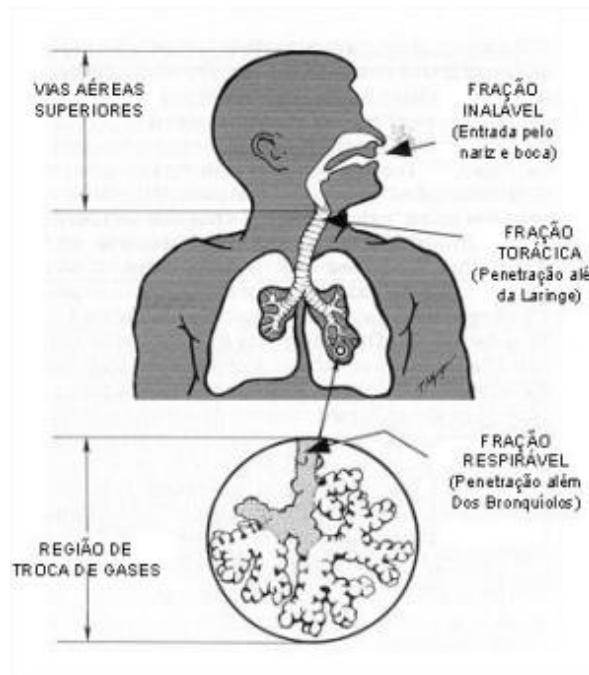
Segundo o Ministério da Saúde (2006) existem diversas ocupações que expõem trabalhadores aos riscos de inalação de poeiras causadoras de



pneumoconioses (doenças respiratórias), sendo a construção civil (fabricação de materiais e execução de obras) um grande palco de exposição. Em 2016, o IBGE estimou em cerca de 1,8 milhões o número de trabalhadores potencialmente expostos a poeiras no setor na construção.

As pneumoconioses podem variar basicamente em função do agente etiológico (poeira causadora), podendo se agravar de acordo com o tamanho da partícula (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). O material particulado pode ser classificado de acordo com o seu tamanho como fração inalável (partícula menor que  $100\ \mu\text{m}$ ), fração torácica (partícula menor que  $25\ \mu\text{m}$ ) ou fração respirável (partícula menor que  $10\ \mu\text{m}$ ) (Fundacentro, 2009). A Figura 6 mostra onde o material particulado pode ficar retido no nosso corpo, devendo-se notar que quanto menor o tamanho da partícula maior o alcance do particulado no organismo.

**Figura 5** – Classificação do Material Particulado quanto ao local de deposição



Fonte: Bom; Santos, 2010.

Uma pneumoconiose de destaque é a Silicose, cujo agente etiológico é a sílica livre e o seu processo de anatomopatológico é a fibrose nodular (Ministério da Saúde, 2006). Essa doença não tem cura e é causada pelo acúmulo de poeira contendo a sílica, podendo causar fibrose, levando ao endurecimento dos pulmões e consequente dificuldade de respirar, desencadeando a morte do indivíduo. Diversas matérias primas podem conter sílica em sua composição, como por exemplo, areia, quartzo, granito, feldspato, granito, bentonita, argila e outros. A respiração de poeira

que contém sílica, liberada geralmente no corte de azulejos ou perfuração de poços e túneis, pode ainda aumentar o número de casos de doenças como câncer de pulmão, tuberculose e bronquite (Fundacentro, 2010).

### **2.3.2 Poluição Sonora**

#### **2.3.2.1 Efeitos na natureza**

Não é de hoje que as atividades humanas têm aumentado a magnitude e distribuição do ruído antropogênico, levantando preocupações a respeito dos potenciais impactos da poluição sonora. A poluição sonora causada pelo homem reduz a capacidade de percepção de sons naturais que são fundamentais para a sobrevivência e reprodução da vida silvestre como também para qualidade de vida dos seres humanos. Além disso, a poluição sonora pode alterar a distribuição ou o comportamento de espécies-chaves comprometendo, num efeito cascata, a integridade do ecossistema (BUXTON et al., 2017).

Taraciuk (2012) relata que a poluição sonora acentua a presença de vetores de doenças como ratos e baratas, como também, as vibrações sonoras que podem provocar, por exemplo, a mudança de comportamento em aves, a diminuição da reprodução e consequente extinção de espécies. Além disso, Collins e Foreman (2001) realizaram um estudo a fim de avaliar o crescimento de plantas submetidas a sons de frequências variadas. O resultado obtido foi que os crescimentos ideais das plantas se deram ao serem expostas por tons puros em que o comprimento de onda coincidiu com a média das principais dimensões das folhas. Collins e Foreman (2001) sugere que isso se deva à ação de “esfregar” da onda de deslocamento, causando o movimento da partícula de ar na superfície da folha, favorecendo a transpiração da planta por remover a camada de ar estagnada adjacente da folha. Eles observaram também que as plantas submetidas a ruídos aleatórios tiveram o crescimento comprometido.

#### **2.3.2.2 Efeitos à saúde humana**

Estima que 10% da população mundial está exposta a níveis de pressão sonora elevados, que potencialmente podem levar à perda auditiva induzida por ruído (OMS, 2016), diminuição de inteligibilidade da fala e prejuízo da comunicação oral (BRASIL, 2006). Porém, a exposição indevida ao ruído vai além da perda

auditiva, podendo causar perturbações e desconforto, prejuízo cognitivo (principalmente em crianças), doenças cardiovasculares, alteração no humor, perda de reflexos, impotência sexual, entre outros (Ragazzi, 2003).

A poluição sonora é considerada como uma das mais perigosas de todas, uma vez que está presente em diversas áreas ocupacionais, como também no dia-a-dia dos centros urbanos. O Quadro 7 demonstra algumas situações que vão variar em função do nível sonoro do meio.

**Quadro 7** - Impacto de ruídos na saúde volume/reação efeitos negativos exemplos de exposição.

<b>Nível Sonoro</b>	<b>Reação</b>	<b>Efeitos Negativos</b>	<b>Exemplo de Locais</b>
Até 50 dB	Confortável (limite da OMS)	Nenhum	Ruas sem tráfego
Acima de 50 dB		O organismo começa a sofrer impactos do ruído.	
De 55 a 65 dB	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual	Agências bancárias
De 65 a 70 dB (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando as defesas.	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em locais silenciosos com rádio ou TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bar ou restaurante lotado
Acima de 70 dB	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de enfarte, infecções, entre outras doenças	Praça de alimentação em shopping centers Ruas de tráfego intensos.
Obs.: quadro mostra ruídos inseridos no cotidiano das pessoas. Ruídos eventuais alcançam volumes mais altos. Um trio elétrico, por exemplo, chega facilmente a 130 dB (A), o que pode e provocar perda auditiva induzida, temporária ou permanente.			

Fonte: Ragazzi (2013)

### **3 METODOLOGIA**

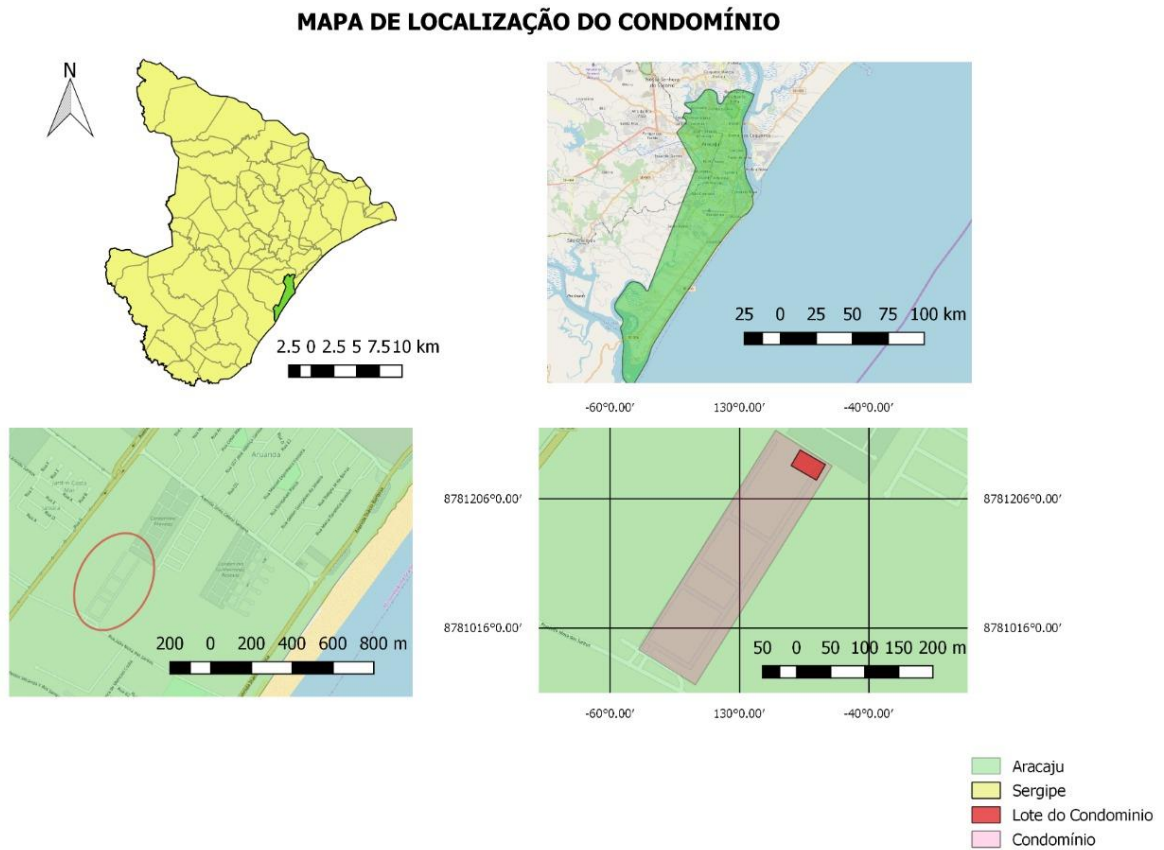
Para realização deste trabalho, foram feitas medições de partículas totais suspensas no ar e do ruído que um trabalhador recebe num canteiro de uma obra do tipo residencial, no período de 11 a 17 de dezembro de 2018. Pressupõe-se que as medições sejam uma amostra que torne possível avaliar os aspectos e impactos ambientais relacionados à poluição causada pelo material particulado suspenso no ar e pelo ruído nesse setor.

#### **3.1 Área do estudo**

A área selecionada foi uma obra residencial que não realiza boas práticas de controle da poluição, localizada num condomínio fechado de alto padrão no bairro Aruanda, a cerca de 800 m da praia, na cidade de Aracaju (SE) (Figura 6) em um terreno com área de 352 m<sup>2</sup>. A mão de obra empregada foi de dois ajudantes de pedreiro, dois pedreiros, um mestre de obras e um engenheiro civil responsável pela obra. O projeto da residência em questão visa à construção de uma casa de 283 m<sup>2</sup>, sendo dois pavimentos, com três quartos, três banheiros, uma cozinha, duas varandas e uma sala de som.

Quanto ao clima, a cidade de Aracaju é caracterizada por ser quente, variando do úmido ao subúmido, predominantemente seco, por haver pouca precipitação, na estação que se refere à primavera-verão. No outono-inverno é caracterizado por período chuvoso. Portanto, as características apresentadas permitem enquadrar a cidade de Aracaju como sendo de clima Mediterrâneo (Araújo; Souza; Costa; Santos, 2010). No mês de dezembro a temperatura varia, geralmente, de 25 °C a 31 °C; já a probabilidade de precipitação, quase sempre, de 13%, com um volume de chuva médio diário de 22 milímetros; o sol brilha, em média, 12 horas e 44 minutos ao dia; quanto à umidade relativa compensada em um ano é de, em média, 77,7%; a velocidade média do vento em dezembro é de 19,6 km/h; enquanto que a direção do vento é predominantemente leste (WHEATER SPARK, 2019).

**Figura 6** – Mapa de Localização do Condomínio onde foram realizadas as medições.



Fonte: Autor (2019).

### 3.2 Descrição das principais atividades

Este estudo foi realizado numa obra residencial durante as etapas de estruturação, construção de paredes e vedações, as quais compreendem, dentre outras, as seguintes atividades: recebimento, movimentação e corte de materiais; preparação de argamassa e concreto; e reparações de imperfeições.

- **Recebimento, movimentação e corte de materiais.**

Recebimento de materiais como areia, brita, tijolos e cimento, os quais foram transportados através de caminhões basculantes. Essa atividade exige a movimentação do material recebido para os locais de sua utilização. Já o corte de materiais é feito através de uma serra denominada “makita”. No caso da obra estudada, o corte é feito sem nenhum método de controle de ruído ou dispersão de material particulado, como, por exemplo, a simples ação de umidificar o material a ser cortado.

- **Preparação de argamassa e concreto**

Com o auxílio de uma betoneira, é possível misturar agregados e cimentos para elaboração de concreto ou argamassas. Isso facilita a tarefa e possibilita um menor esforço físico, além do ganho de tempo na construção. Por outro lado, a betoneira, principalmente se não houver manutenção ou se estiver em estado avançado de uso, causa grande ruído intermitente.

- **Reparação de imperfeições**

Durante o processo de construção, os colaboradores devem realizar procedimentos que visem às reparações daquilo que não saiu conforme planejado, fazendo com que eles desfaçam o que foi feito e levando, conseqüentemente, a geração de ruído através das ferramentas e dispersão de material particulado, decorrente da quebra dos materiais, além do desperdício de material e de esforço físico.

### **3.3 Equipamentos utilizados para as medições**

#### **3.3.1 Amostrador de partículas**

Para o monitoramento do material particulado da obra foi utilizado o amostrador HANDI-VOL (Figura 8), para o cálculo da concentração de PTS no ar (HANDI-VOL, Energética, Rio de Janeiro) equipado com filtros de fibra de vidro (E55, 20,32 x 25,40 cm, Energética, Rio de Janeiro).

Antes de começar a amostragem, deve-se utilizar o Calibrador Padrão de Vazão de Médio Volume (CPVMV) (Figura 9), a fim de dar início ao ensaio de calibração. O ensaio do CPVMV irá resultar numa relação  $Q_p$  (vazão em condições padrão) versus  $dH_c$  (pressão diferencial linear, definida por uma inclinação  $a_1$  e um intercepto  $b_1$ ).

O resultado da calibração é dado por meio do relatório de ensaio, fornecido pelo fabricante. Nesse relatório foi preenchido, através do valor indicado no rotâmetro ( $Q_p$ ) e monômetro, os dados de vazão e a diferença da pressão manométrica referente a cada uma das cinco placas de resistência com 8, 9, 11, 13 e 15 furos de aproximadamente 2,5 mm de diâmetro.

Ao final do ensaio de calibração, obtêm-se a curva de calibração que posteriormente será usada para o cálculo da concentração de material particulado

no ambiente ( $C_p$ ) (ENERGÉTICA, 2014). A operação de amostragem com o HANDI-VOL leva 24 horas, ou seja, o filtro de fibra de vidro era trocado a cada dia, sendo de segunda a domingo, os sete dias da semana, com o objetivo de comparar os dias que não havia operação (sábado e domingo) com os dias que havia operação.

**Figura 7** – Amostrador em posição de amostragem



Fonte: Energética, 2015.

**Figura 8** – Em posição de calibração



Fonte: Energética, 2015.

O método utilizado para determinação da massa total de MP foi o gravimétrico. Nesse método, são pesados filtros antes e depois da amostragem em balança eletrônica analítica com sensibilidade de 0,1 mg. Assim, é possível se obter a massa líquida do material particulado. Os filtros “virgens”, bem como os já amostrados, são acondicionados 24 horas antes de cada pesagem em



dessecadores, que têm a função de manter a temperatura entre 15 e 30° C e uma umidade relativa abaixo de 50% (ABNT NBR 9547, 1997).

Após a realização da calibração, da pesagem dos filtros antes da medição, da avaliação dos parâmetros meteorológicos, da pesagem do filtro após a medição (que dura 24 h com o aparelho ligado) e secagem dos filtros em dessecadores, é possível realizar o cálculo da concentração de partículas totais suspensas, conforme a Equação 3.

$$Cp = \left( \frac{Mi}{Vp} \right) 10^6 \quad (3)$$

Onde:

Cp = concentração de partículas totais em suspensão nas condições padrão, µg/m<sup>3</sup>;

Mi = ganho líquido de material particulado no filtro durante a amostragem, g;

Vp = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m<sup>3</sup>;

10<sup>6</sup> = fator de conversão, µg/g.

O Vp é calculado através da multiplicação da vazão média durante a amostragem (Qp), vezes o tempo total de amostragem (θ) em minutos, ou seja, neste caso, 1.440 minutos (Equação 4).

$$Vp = Qp \times \theta \quad (4)$$

O Qp, por sua vez, é dado por:

$$Qp = \frac{1}{a_2} \left( N \sqrt{\left( \frac{P_3}{760} \right) \left( \frac{298}{T_3} \right)} - b_2 \right) \quad (5)$$

Onde:

a<sub>2</sub> = inclinação (dado através da calibração);

N = nível indicado no rotâmetro;

P<sub>3</sub> = pressão barométrica média, mm Hg;

T<sub>3</sub> = temperatura ambiente média, K;

b<sub>2</sub> = intercepto (dado através da calibração).

### 3.3.2 Dosímetro

Para a avaliação da dose de ruído recebida pelos operários da obra, foi utilizado um dosímetro, modelo Spark<sup>®</sup> 703+ fabricado pela empresa americana Larson Davis (Figura 10). Esse aparelho é acompanhado de um *software* para avaliação da dosimetria, denominado *Noise Exposure Analysis Software for Spark<sup>™</sup>*,

apelidado de Blaze, o qual fornece relatórios e gráficos da medição. Para conectar o aparelho ao computador, é utilizado um módulo de interface de infravermelho externo, modelo DVX010 (Figura 11).

**Figura 9** – Dosímetro Spark® 703+ Larson Davis



Fonte: Larson Davis (2013).

**Figura 10** - External IR interfaces



Fonte: Larson Davis (2013).

Para a realização da dosimetria, é necessária a instalação do programa Blaze em um computador para conectar o dosímetro através do módulo receptor de infravermelho e efetuar a programação do período da dosimetria desejado. Após programar a dosimetria, é necessário equipar o dosímetro na roupa do colaborador no período referente à programação, geralmente na gola da camisa (Figura 12).

Durante a jornada de trabalho, foram feitas anotações dos horários referentes às atividades realizadas, a fim de relacionar o nível sonoro à atividade desenvolvida pelo operário.

Além disso, é importante salientar os cuidados que o colaborador deve tomar para evitar danos ao aparelho, como por exemplo, a quebra do microfone ou rompimento do fio. Ao fim do período de medição, deve-se reconectar o aparelho ao computador, a fim de obter o resultado da gravação e, finalmente, avaliar o relatório e os gráficos gerados pelo *software*.

**Figura 11** – Dosímetro instalado no operário próximo ao ouvido.



Fonte: Autor (2019).

### **3.4 Avaliação dos impactos ambientais**

Para a avaliação dos impactos ambientais relacionados à poluição atmosférica por material particulado e à geração de ruído causado pelo empreendimento, foram realizadas visitas, fotografias, entrevistas com os vizinhos da construção e aplicada uma matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais (SANCHÉZ; HACKING, 2002). O tipo de matriz escolhida atende, principalmente, o objetivo “a” deste trabalho, e é comumente utilizada na integração da avaliação de impactos ambientais e sistemas de gestão ambiental por conseguir correlacionar três fatores: as atividades realizadas, os aspectos a serem analisados e os possíveis impactos ambientais. Além disso, classifica os aspectos em significativo, pouco significativo ou não significativo e os impactos em muito importantes ou pouco importantes.

Também foram realizadas visitas à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Aracaju (SEMA) e a Administração Estadual de Meio Ambiente (ADEMA), responsáveis por licenciar empreendimentos que possuem potencial degradador, a

fim de verificar quais documentos e projetos relacionados à poluição por material particulado e à poluição sonora estão sendo exigidos para o processo de licenciamento. Para isso, foram solicitadas as Listas de Documentos do Empreendimento necessárias para o processo de licenciamento de atividades do tipo construção de empreendimentos imobiliários.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como finalidade apresentar os resultados obtidos da avaliação da poluição atmosférica por material particulado utilizando um *handi-vol* e da poluição sonora utilizando um dosímetro. Além disso, a discussão dos resultados através da comparação com os padrões recomendados pela legislação nacional pertinente e o efeito à saúde humana nessas condições.

### 4.1 Exposição às Partículas Totais Suspensas no ar

Após a realização dos procedimentos pertinentes de uma amostragem de partículas totais em suspensão, conforme o descrito na metodologia, foram obtidos os resultados dos seguintes parâmetros: os volumes médios durante as amostragens, os volumes totais amostrados e as concentrações de cada amostra, de acordo com a Tabela 8.

**Tabela 4** – Resultados obtidos na medição de partículas totais suspensas no ar.

<b>Dia da semana</b>	<b>Data</b>	<b>Qp (m³/min)</b>	<b>Vp (m³)</b>	<b>Cp (µg/m³)</b>
Terça-feira	11/12/2018	0,2461	354,51	236,45
Quarta-feira	12/12/2018	0,2521	362,96	315,47
Quinta-feira	13/12/2018	0,2536	365,16	142,40
Sexta-feira	14/12/2018	0,2497	359,52	75,93
Sábado	15/12/2018	0,2531	364,48	1,09
Domingo	16/12/2018	0,2529	364,12	9,89
Segunda-feira	17/12/2018	0,2532	364,55	87,50

Fonte: Autor (2019).

A resolução CONAMA nº 491/2018 dispõe que cada Estado tem o dever de elaborar o seu Plano de Controle de Poluição Atmosférica, no qual deverão estar contidos os Padrões de Qualidade do Ar, adotados sequencialmente em quatro etapas: PI-1, PI-2, PI-3, até que se atinja o PF que é o valor mais restrito de emissão definido pela OMS. No caso do poluentes Partículas Totais em Suspensão é adotado, a partir da publicação dessa resolução, o padrão de qualidade do ar final cujo valor é de 240 µg/m³, não sendo estabelecido Padrões Intermediários (PI-1, PI-2 ou PI-3). O Estado de Sergipe ainda não possui um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, porém deverá ser elaborado através de seu órgão ambiental estadual competente no prazo de até três anos a partir da publicação dessa resolução.

Comparando-se os resultados obtidos da Tabela 8 com os padrões de emissão de partículas totais suspensas, disposto na resolução CONAMA nº 491/2018 (Quadro 1), pode-se observar que somente na quarta-feira a concentração foi superior ao estabelecido por essa resolução. Além disso, seguindo os critérios para episódios agudos dispostos pela resolução CONAMA nº 03/90 conforme o Quadro 2, verifica-se que em nenhum dos dias de amostragem há condições de estado de atenção, alerta ou emergência para o poluente do tipo PTS. Salienta-se que foi utilizada a resolução CONAMA nº 03/90, e não a de nº 491/18 para comparação dos níveis de atenção/alerta/emergência porque esta não dispõe de valores para o poluente do tipo PTS.

Porém sabe-se que as concentrações encontradas não apresentam, em sua maioria, boa qualidade do ar, podendo, portanto, colocar a saúde da vizinhança e principalmente dos trabalhadores em situação de risco (por estarem mais próximos ao foco de poluição). A Tabela 9 reúne as classificações da qualidade do ar para cada concentração encontrada e o respectivo efeito à saúde esperado de acordo com a CETESB (1990).

**Tabela 5** – Classificação das concentrações encontradas: qualidade do ar e efeitos à saúde.

<b>Dia da Semana</b>	<b>Concentração (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Qualidade do ar</b>	<b>Efeito à saúde</b>
Terça-feira	236,45	Moderada	Pessoas de grupos sensíveis como crianças, idosos e portadores de doenças respiratórias e cardíacas podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
Quarta-feira	315,47	Inadequada	Aparição de sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis podem apresentar efeitos mais sérios à saúde.
Quinta-feira	142,40	Moderada	Os mesmos efeitos da terça-feira.
Sexta-feira	75,93	Boa	
Sábado	1,09	Boa	Não apresenta efeitos à saúde.
Domingo	9,89	Boa	
Segunda-feira	87,50	Regular	Os mesmos efeitos para qualidade do ar Moderada.

Fonte: CETESB (1990).

É possível comparar ainda as concentrações encontradas na semana (segunda a sexta) com as concentrações encontradas no final de semana (sábado e domingo) e verificar que durante a semana, dias que houve desenvolvimento de atividades, a média das concentrações foi cerca de trinta e uma vezes maior do que quando comparadas com a média no final de semana, conforme o Quadro 8.

**Quadro 8** – Comparação das médias das concentrações na semana e no final de semana.

<b>Média das concentrações da semana (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Média das concentrações do final de semana (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
171,55	5,49

Fonte: Autor (2019).

Com isso, pode-se afirmar que, durante o final de semana a exposição às partículas suspensas no ar é quase insignificante, porém, olhando para a média das concentrações da semana, pode-se verificar que o valor encontrado é maior que 50% do que é tolerado pela resolução CONAMA 491/18. Portanto, se as amostras passarem por análises químicas e então for verificado que a concentração encontrada de algum dos componentes (como sílica e manganês) é maior que 50% do Limite de Tolerância, conforme o disposto na NR 15, pode-se dizer que a exposição às partículas totais suspensas no ar deve ser objeto de estudo para um possível programa de prevenção a riscos ambientais (PPRA) uma vez que caso o limite de tolerância seja ultrapassado, poderá afetar a saúde das pessoas como decréscimos da resistência física, e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardiorrespiratórias (CETESB, 1990). Mas para isso deve ser analisado quais são os componentes das partículas totais, de modo a identificar as poeiras mineiras existentes, como por exemplo, manganês e a sílica.

Atualmente, medir somente o PTS sem mesmo realizar uma análise química laboratorial para avaliar os efeitos à saúde e à natureza é um método considerado obsoleto, pois não consta na OMS e nem na nova resolução CONAMA nº 491/18, pois é dada maior atenção à MP10 e à MP2,5. Porém, o *handi-vol* era o único equipamento disponível para avaliação da emissão do material particulado neste estudo.

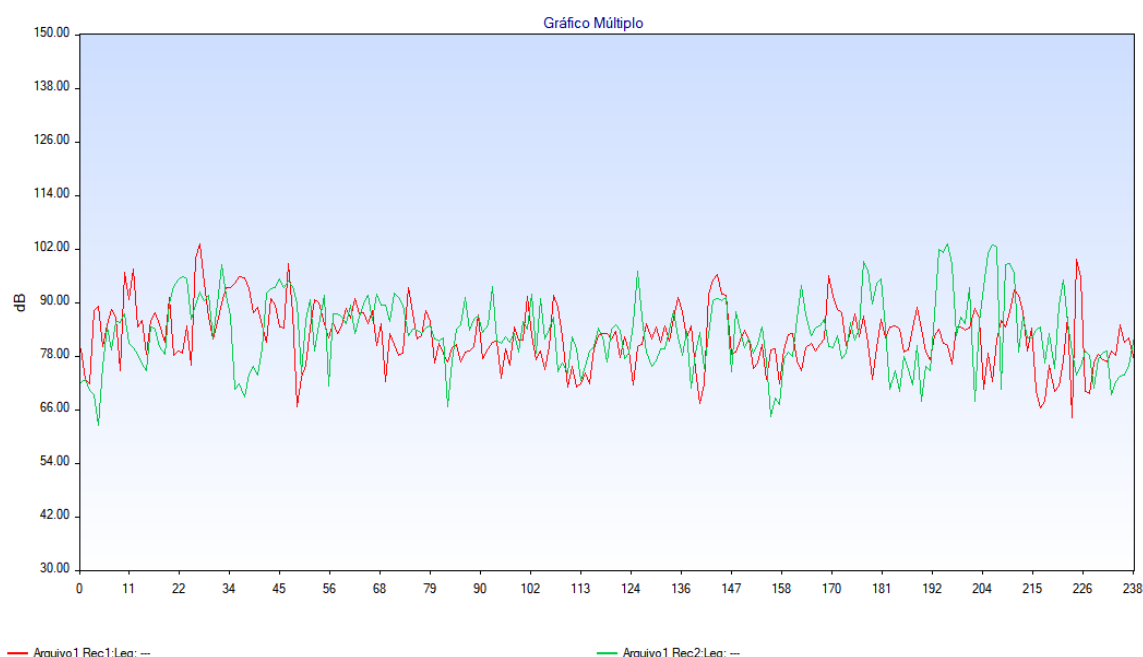
A distinção do material particulado de acordo com seu tamanho (MP<sub>10</sub> ou MP<sub>2,5</sub>) e a realização de análises químicas desse material não foram objetos deste estudo. Porém, sabe-se que o tamanho e a caracterização química do material

particulado são fundamentais na avaliação dos seus impactos à saúde ou à natureza. Portanto, cabe a novos estudos a realização de análises químicas e a utilização de equipamentos capazes de distinguir o tamanho da partícula a fim de melhor avaliar as características da amostra e posteriormente indicar, com mais precisão, os efeitos à saúde e à natureza

## 4.2 Exposição ao ruído

O *software* Blaze permite a geração de diversos tipos de gráficos, a depender da informação que se deseja, como por exemplo, o da medição em nível de pressão sonora equivalente ( $L_{eq}$ ) (Figura 13) ou os picos de pressão sonora ( $L_{peak}$ ) medidos em resposta rápida [dB(C)] (Figura 14), dentre outros.

**Figura 12** – Gráfico referente ao  $L_{eq}$  de cada intervalo (em minutos) da medição, medidos em dB(A).



Fonte: *Software* Blaze (2019)

Durante a medição do ruído foram feitas anotações dos horários referentes às atividades que estavam sendo desempenhadas, a fim de identificar o ruído gerado por ela. A Tabela 10 mostra os horários em que as atividades foram desenvolvidas e o seu respectivo nível de pressão sonora equivalente, obtido através do gráfico da Figura 13. O programa foi calibrado para que o intervalo de precisão fosse de 60 segundos, ou seja, a cada minuto, o programa retorna um valor de  $L_{eq}$ .



**Tabela 6** – Relação da atividade com nível de pressão sonora equivalente

Atividade	Horário	Nível de Pressão Sonora Equivalente dB(A)
Preparação de concreto	08:10 – 08:11	90,6
Batendo martelo	09:19 – 09:20	87,5
Movimentação de material	10:21 – 10:22	71,5
Batendo martelo	11:45 – 11:46	69,9
Uso de serra de corte	13:32 – 13:33	99,8
Movimentação de material	14:01 – 14:02	72,5
Preparação de argamassa	15:14 – 15:15	89,4
Preparação de concreto	16:35 – 16:36	85,3
Uso de serra de corte	17:47 – 17:48	103,0

Fonte: Autor (2019)

**Figura 13** – Gráfico referente ao Lpico de cada intervalo de medição, medidos em dB(C).

Fonte: *Software Blaze* (2019)

Através dos dados obtidos do gráfico da Figura 13 podemos caracterizar as atividades que possuem maior pico [curva db(C)], de modo a avaliar os ruídos de impacto, visto que esse gráfico foi medido no circuito de resposta rápida. A Tabela 11 mostra os horários em que as atividades foram desenvolvidas e o seu respectivo pico de pressão sonora [db(C)], obtido através do gráfico da Figura 16.

**Tabela 7** - Relação da atividade e o pico de pressão sonora.

Atividade	Horário	Pico de Pressão Sonora dB(C)
Preparação de concreto	08:10	121,0
Batendo martelo	09:19	120,6
Movimentação de material	10:21	84,0
Batendo martelo	11:45	121,6
Uso de serra de corte	13:32	126,2
Movimentação de material	14:01	122,2
Preparação de argamassa	15:14	135,2
Preparação de concreto	16:35	113,8
Uso de serra de corte	17:47	133,4

Fonte: *Software Blaze* (2019)

Além dos gráficos, o *software* Blaze permite gerar o relatório da dosimetria (Figura 15) que representa, de forma resumida, os resultados da medição.

**Figura 14** – Resultados da Dosimetria realizada no operário.

Resultados		
	Dose 4	
Dose	103.7	%
Dose Projetada	208.2	%
Leq	88.2	dB(A)
TWA	88.2	dB(A)
TWA (8)	85.2	dB(A)
Lmax	110.3	dB(A)
Lpeak (max)	137.9	dB(C)
SEA	145.3	dB(C)
Lmin:	51.4	dB(A)
Lep (8):	85.2	dB(A)
SE	1.0	Pa <sup>2</sup> hr
Sobrecarga?		Não
Estatísticas		
L10	90.5	dB(A)
L30	81.0	dB(A)
L50	75.0	dB(A)
L70	69.5	dB(A)
L90	62.5	dB(A)

Fonte: *Software Blaze* (2019).

A partir dos dados obtidos, foi verificado que o operário estava em condições insalubres de trabalho, segundo a NR 15. Essa norma regulamenta que o nível máximo de exposição ao ruído é de 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas, enquanto que a dose equivalente verificada (Leq), correspondente à uma média do período, foi de 88,2 dB(A), o que equivale a uma dose de 103,7%. Além disso, o relatório pôde informar ainda que o operário foi exposto a picos de ruído de até

137,9 dB(C), enquanto a norma estabelece um valor máximo de 130 dB(C), medido no circuito de resposta rápida (*fast*). Os valores encontrados podem ser caracterizados, pelo fato de o operário não estar utilizando nenhum tipo de Equipamento de Proteção Individual (EPI), como atividade de risco grave e iminente. Essas condições são potencialmente causadoras de estresse degenerativo, e doenças mentais, além de aumentarem os riscos de infarto, infecções (RAGAZZI, 2007) e perda auditiva, ocasionando diminuição de inteligibilidade da fala e prejuízo na comunicação oral (BRASIL, 2006). Com isso, pode-se afirmar que o ruído deve estar disposto em Programa de Prevenção a Riscos Ambientais (PPRA) como um agente de risco do tipo físico conforme a NR 9, uma vez que a dosimetria realizada aponta uma exposição ocupacional acima do nível de ação, ou seja, maior que 50% da dose permitida pela NR 15.

O *software* foi capaz de identificar o nível de pressão sonora máximo ( $L_{max}$ ) e o mínimo ( $L_{min}$ ), cujos valores foram respectivamente 110,3 dB(A) e 51,4 dB(A). Isso significa dizer que, durante o período de medição, num intervalo pré-definido de um minuto, o nível de pressão sonora atingiu o equivalente a 110,3 dB(A) causado provavelmente pelo uso de serra de corte, sendo considerado o maior nível de pressão sonora identificado medido em dB(A). Já o  $L_{min}$  encontrado representa que durante o período de medição, para o intervalo pré-definido de um minuto, o menor nível de pressão sonora encontrado foi de 51,4 dB(A), dado provavelmente por um instante de inatividade do operário.

Quanto à avaliação da aceitabilidade do ruído gerado nos canteiros de obras pela comunidade do entorno, deve-se seguir o disposto pela ABNT NBR 10151:2000, enquanto que para verificar o conforto acústico, é necessário seguir o disposto pela ABNT NBR 10152:2017. Por meio deste estudo é possível verificar essas duas questões com mais facilidade através de *softwares* capazes de realizar projeções de ruídos. Esses *softwares* projetam o nível de pressão sonora para a vizinhança, retornando o valor do nível de pressão sonora referente à distância aplicada. A partir daí, é possível realizar a comparação dos níveis de pressão sonora encontrados com os dispostos pelas normas.

### **4.3 Avaliação dos impactos ambientais relacionados à geração de material particulado e de ruído.**

Diante do exposto nos itens 4.1 e 4.2, é possível criar uma matriz de aspectos e impactos ambientais cujo objetivo é obter uma análise global da avaliação da poluição por partículas suspensas e do ruído gerado em canteiros de obras atrelados a aspectos sociais.

Dentre as atividades analisadas, todas possuíram aspectos significativos, de acordo com a seguinte ordem de significância: recebimento, movimentação e corte de materiais; reparação de imperfeições; e preparação de argamassa e concreto.

Os impactos considerados mais importantes foram sequencialmente: Impactos na saúde humana; aumento da atividade comercial; perda líquida de habitat; Incômodo e desconforto; perturbação da vida comunitária; Aumento da arrecadação tributária; deterioração da qualidade do ar; possíveis ferimentos ou mortes; crescimento da população; aumento da demanda de serviços públicos; e perda da qualidade do solo. Enquanto que os impactos: contaminação do solo, redução do nível de água subterrânea e deterioração da qualidade das águas subterrâneas não foram considerados importantes.

O conhecimento dos aspectos e impactos ambientais de um canteiro de obra facilita a tomada de decisões por parte do gestor que deseja implantar o plano de gestão de controle da geração de material particulado e de ruídos em obras, visto que direcionam quais são as ações que devem ser tomadas com mais urgência.

**Quadro 9** - Matriz de aspectos e impactos ambientais relacionados ao material particulado e ao ruído em canteiros de obras atrelado a aspectos sociais.

Atividades			Classificações	Impactos Ambientais														
				Meio Biofísico						Meio Antrópico								
Recebimento, movimentação e corte de Materiais.	Preparação de Argamassa e Concreto	Reparação de imperfeições	<b>Classificação de Aspectos</b> 2 - Significativo 1 - Pouco Significativo 0 - Não Significativo	Perda da qualidade do solo	Contaminação do solo	Redução do nível de água subterrânea	Deterioração da qualidade das águas subterrâneas	Perda líquida de habitat	Deterioração da qualidade do ar	Impacto visual	Incômodo e desconforto	Possíveis ferimentos ou mortes	Impactos sobre a saúde humana	Aumento da atividade comercial	Aumento da demanda de serviços públicos	Crescimento da população	Perturbação da vida comunitária	Aumento da arrecadação tributária
			<b>Classificação de Impactos</b> + muito importante - pouco importante															
			<b>Aspectos</b>															
2	1	2	Material particulado	-				-	+	+	+	-	+				+	
2	2	2	Geração de ruído	-				-	-		+	-	+				+	
2	2	2	Aspectos Sociais	Empregos								-	+	+	-	-		+
2	1	1		Demanda de bens e serviços				+					+	+	-	-		+
1	1	1		Oportunidade de negócios				+						+	+		-	

Fonte: Autor (2019).

A seguir encontram-se descritos os impactos relacionados a cada uma das atividades.

- **Impactos relacionados ao recebimento, movimentação e corte de materiais.**

O recebimento de materiais como areia e brita causa grande dispersão de particulados no momento em que o material é despejado no chão, principalmente, quando não há nenhuma medida para o controle da poluição. Já no momento da movimentação, esse material pode acabar liberando poeiras devido à desagregação e à exposição ao vento. Já o corte de materiais leva a altos níveis de geração de ruído, ao tempo que gera grande quantidade de poeira, o que faz dessa atividade ser bastante significativa. Por outro lado, essas atividades geram empregos, alta demanda de serviços e oportunidade de negócios para o mercado da construção civil.

- **Preparação de Argamassa e Concreto**

Essa atividade apesar de demandar equipamentos como a betoneira e gerar empregos, causa a geração de altos níveis de ruídos, principalmente se os maquinários estiverem velhos e sem manutenção. A poeira gerada nessa atividade está ligada ao momento em que o material é movimentado para ser colocado dentro da betoneira para poder preparar a argamassa ou concreto.

- **Reparação de imperfeições**

A reparação de imperfeições retarda as obras, desperdiça materiais e esforço físico, além de causar geração de ruído, por exemplo, pelo corte de materiais e consequente dispersão de material particulado.

#### **4.4 Avaliação das ações tomadas pelos órgãos competentes.**

Além da avaliação dos impactos, buscou-se saber quais são as medidas tomadas e os documentos exigidos pelos órgãos ambientais que competem ao município de Aracaju quanto ao controle de material particulado e à geração de ruído em obras do tipo de construção imobiliárias. Os resultados encontrados estão dispostos a seguir, de acordo com cada órgão visitado.

O resultado encontrado foi que em nenhuma das duas instituições constam medidas de controle para geração de material particulado ou de ruído na fase de canteiro de obra, somente para a fase que corresponde à operação da atividade do empreendimento. Porém, sabe-se que, a depender do porte do empreendimento,

esses aspectos podem levar a um impacto ambiental bastante significativo, ou seja, antes mesmo da atividade principal ser desenvolvida.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho contribuiu com conhecimentos acerca da complexidade dos aspectos referentes à geração de material particulado e ao ruído em obras, podendo apontar as principais fontes geradoras e os principais danos causados à saúde humana e ao meio ambiente de modo a contribuir com a elaboração de planos de gestão para controle dos impactos causados e com o aprimoramento de processos de licenciamento ambiental de empreendimentos que envolvem obras civis. Além disso, este estudo foi um dos precursores na avaliação da poluição do ar e da poluição sonora originados nos canteiros de obras em Aracaju (SE).

A metodologia utilizada para avaliação da emissão de material particulado é considerada obsoleta, uma vez que nos dias de hoje, as entidades como a OMS, CONAMA dão mais atenção para  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$ , isso porque estão diretamente associadas aos efeitos causados à saúde humana. Além disso, é importante conhecer a composição do conteúdo amostrado através de análises laboratoriais, pois o efeito na saúde humana também varia em função do material presente no ar. Por outro lado, a avaliação das partículas totais suspensas no ar através da amostragem utilizando um *handi-vol* é barata, de fácil acesso e não deixa de ser capaz de fornecer ao gestor interessado uma ideia das condições de emissão de poeira no campo de trabalho e até no entorno no que se refere ao particulado inalável, respirável ou torácico. Portanto, este trabalho abre espaço para futuros estudos que façam a avaliação do quantitativo das concentrações de  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$ , além das análises químicas para identificação dos componentes presentes nos particulados de canteiros de obras.

A medição das partículas totais suspensas no ar demonstrou que a poluição por este poluente na área de estudo não é tão significativa uma vez que, durante os dias de medição, o padrão de emissão só foi ultrapassado uma vez. Porém, considerando 50% de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Padrão Final) como um indicador de níveis de ação para prevenção, é necessário a adoção de medidas preventivas por parte do gestor através de ferramentas como plano de controle e monitoramento de poluição atmosférica e PPRA, pois a média das concentrações encontrada, nos dias em que houve atividades, foi maior que  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Quanto à geração de ruído, foi possível analisar os níveis de pressão sonora de modo a avaliar os efeitos na saúde do trabalhador e no meio ambiente. A dosimetria apontou risco grave e iminente, ou seja, a integridade física e mental do trabalhador pode estar sendo afetada, podendo causar acidentes ou doenças relacionados ao trabalho.

A análise da dosimetria permitiu ainda apontar as principais fontes de geração de ruídos no canteiro de obras. Foi verificado que o uso da serra de corte possui grande potencial de geração de ruído e é intensificado quando não se adotam medidas de controle, a exemplo de, umidificar a peça a ser processada ou o simples uso de EPI. Outra ferramenta que teve destaque na geração do ruído foi a betoneira, a qual se encontrava velha e aparentemente sem manutenção, levando à intensificação da geração de níveis de pressão sonora. A dose encontrada de 103,7% é reflexo da falta de cuidados com a segurança do trabalhador e indica que o ambiente de trabalho está insalubre. Além das questões de segurança do trabalho, aspectos como conforto acústico e a aceitabilidade do ruído no entorno também foram afetados e devem ser melhor avaliados. Portanto, nesta obra, a poluição sonora se mostrou mais preocupante do que a poluição atmosférica.

A avaliação dos impactos causados pelos aspectos estudados foi capaz de determinar quais atividades possuem maior potencial degradador e sintetizar os efeitos causados à saúde humana e ao meio ambiente, de modo a servir para a elaboração de um programa de controle e monitoramento de material particulado e ruídos em obras. Além disso, permite que os órgãos ambientais competentes reavaliem os processos de licenciamento ambiental para os empreendimentos que envolvem canteiros de obras, de forma a julgar a necessidade da solicitação de projetos que visem o controle e o monitoramento da geração de material particulado e de ruídos em empreendimentos que envolvem obras civis.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 1999. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas, São Paulo, 1999.

ARAÚJO, Hélio M. de; SOUZA, Acássia C.; COSTA, Jailton de J.; SANTOS, Genésio J. dos. **O Clima de Aracaju na Interface com a Geomorfologia de Encostas**. São Cristóvão, 2010.

ARAÚJO, V.M; CARDOSO, F.F; **Redução de impactos ambientais do canteiro de obras**. Projeto Finep Habitações + sustentáveis. Finesp. São Paulo. 15p. 2006. Trabalho em desenvolvimento.

ARBEX, Marcos Abdo. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara – SP**. São Paulo, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152 – Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

BARRETO, Ismeralda Maria Castelo Branco do Nascimento. **Gestão de resíduos na construção civil**. Aracaju: SENAI/SE; SENAI/DN; COMPETIR; SEBRAE/SE; SINDUSCON/SE, 2005. 28p. il.

BARROS, Caroline Plech Gomes de. **O impacto do ruído de canteiro de obra na qualidade acústica na circunvizinhança: estudo de caso: recorte do bairro da Jatiúca cidade de Maceió-AL**. 2016. Tese (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

Bom AMT, Santos AMA. **Mapa de Exposição à Sílica no Brasil** - Exposição ocupacional . Sílica e Silicose. Fundacentro. Disponível em: [http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=781&menu Aberto=777](http://www.fundacentro.gov.br/conteudo.asp?D=SES&C=781&menu%20Aberto=777). Acesso em: 22 fev. 2019.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Publicação no D.O.U. de 17/02/86.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 01, de 08 de março de 1990**. Estabelece padrões de qualidade do ar. Publicação no D.O.U. de 02/04/1990.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Estabelece padrões de qualidade do ar. Publicação no D.O.U. de 21/11/2018.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 15**. NR15 – Dispõe sobre atividades ou operações insalubres. Ministério do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde do Trabalho. 1992.

BRASIL. **Perda Auditiva Induzida por Ruído - Pair**. Série A. Normas e Manuais Técnicos – Saúde do Trabalhador 5. Protocolos de Complexidade Diferenciada. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 40 p.

BRASIL. **Pneumoconioses**. Série A. Normas e Manuais Técnicos – Saúde do Trabalhador 6. Protocolos de Complexidade Diferenciada. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 76 p.

BUXTON, Rachael T. *et al.* Noise pollution is pervasive in U.S. protected areas. **Science** **356**, [S. l.], 2017.

CBCS, CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Sustentabilidade na Construção**. [S. l.], 1 set. 2007. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>. Acesso em: 24 fev. 2019.

COLLINS, Margaret E. ; FOREMAN, John E.K. **The effect of sound on the growth of plants**. Canadian Acoustics. [S. l.], Vol. 29 No. 2, 2001.  
COMO USAR uma serra mármore?. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://ehup.com.br/betoneira-manuseio>. Acesso em: 11 fev. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB. **Padrões de Qualidade do Ar**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 19 fev. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar**. São Paulo, 1990.

FERNANDES, J. C. **Acústica de Ruídos**. Bauru, São Paulo, Brasil: UNESP. 2005. 102P.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional: procedimento técnico: coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho Saúde no Trabalho**. São Paulo, 1985.

G1. **Emprego, PIB, qualidade de vida: conheça as contribuições da construção civil para o Brasil**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/ /emprego-pib-qualidade-de-vida-conheca-as-contribuicoes-da-construcao-civil-para-o-brasil.ghtml>. Acesso em: 19 fev. 2019.

Graças Roth, Caroline das; Mello Garcias, Carlos. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Desenvolvimento em Questão [en linea] 2009, 7 (Enero-Junio) : [acessado em: 24 de febrero de 2019]. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75212355006>> ISSN 1678-4855.

IBGE, FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção - PAIC**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 24 fev. 2019.

LYRA, Diógenes Gandhis Pimentel de. **Modelo integrado de gestão de qualidade do ar da região metropolitana de Salvador**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MANUSEIO de betoneira. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://ehup.com.br/betoneira-manuseio>. Acesso em: 11 fev. 2019.

RAGAZZI, Marco Antonio. **A poluição sonora e a proteção legal**. [S. l.], 2003.

RESENDE, Fernando. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios**. 2007. Dissertação (Mestrado) (Mestre em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil., São Paulo, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Contas regionais 2016**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <http://observatorio.se.gov.br/pesquisas-e-estudos/pib/pib-estadual/>. Acesso em: 4 fev. 2019.

TARACIUK, OTILIA CHMILOUSKI. **Poluição sonora: um problema ambiental que merece atenção no âmbito escolar**. 2012. Produção Didático-Pedagógica (Professor PDE) - Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO., GUARAPUAVA, 2012.

TEIXEIRA, Luciane Pires ; CARVALHO, Fátima Marília Andrade de. **A Construção Civil como Instrumento de Desenvolvimento da Economia Brasileira**. REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO, Curitiba, jul/dez 2005. *E-book* (n. 109, p. 09-26).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>. Acesso em: 22 jan. 2019.

WALLACE, John M.; HOBBS, Peter V. **Atmospheric Science: an introductory survey**. Washington: Elsevier Inc., 2006. Disponível em: [http://cup.aos.wisc.edu/453/2016/readings/Atmospheric\\_Science-Wallace\\_Hobbs.pdf](http://cup.aos.wisc.edu/453/2016/readings/Atmospheric_Science-Wallace_Hobbs.pdf). Acesso em: 24 jan. 2019.

WHEATHER SPARK. **Clima característico em Aracaju**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31162/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Aracaju-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 20 fev. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guideline for community noise**. Geneva: [s. n.], 1999.